

**DESARROLLO DE SOFTWARE PARA LA REALIZACIÓN DE LOS DIAGRAMAS  
UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS DE MÉTODOS**

**JOSUÉ PASTRANA ESCAMILLA**

**EDUARD RANGEL BARRIOS**



**UNIVERSIDAD DE LA COSTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL E INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**BARRANQUILLA**

**2017**

**DESARROLLO DE SOFTWARE PARA LA REALIZACIÓN DE LOS DIAGRAMAS  
UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS DE MÉTODOS**

**JOSUÉ PASTRANA ESCAMILLA**

**EDUARD RANGEL BARRIOS**

**Trabajo de grado para obtener el Título de  
Ingeniero Industrial e Ingeniero de Sistemas**

**Tutor:**

**M.Sc. MIGUEL ÁNGEL JIMÉNEZ BARROS**

**Co-tutor:**

**LAUREN JULIETH CASTRO BOLAÑO**



**UNIVERSIDAD DE LA COSTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL E INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**BARRANQUILLA**

**2017**

### **Agradecimientos**

Este trabajo va dedicado a nuestras familias que con amor y esfuerzo formaron a dos ingenieros. Del mismo modo, este trabajo es resultado de la dirección y la guía incondicional a los tutores Miguel Jiménez Barros y Lauren Castro Bolaño. A todos ellos, gracias totales.

## **Resumen**

Este trabajo de grado tiene como objetivo desarrollar una herramienta computacional que permita a los usuarios elaborar de forma fácil y didáctica los diagramas utilizados en el Análisis de Métodos y tiempos conforme a los estándares de la Organización Internacional del Trabajo. Esta herramienta permite realizar diagramas analíticos, sinóptico, recorrido, bimanual y hombre-máquina, en un navegador web por medio de canvas. Siendo desarrollada en JavaScript y Html5 por medio de un proceso de desarrollo iterativo desde un prototipo. Se determinó la necesidad de las herramientas a partir de encuestas y sugerencia realizadas por los profesores y estudiantes de la asignatura de métodos y tiempos.

Palabras claves: OTI, canvas, herramienta web, métodos y tiempos, diagramas, sinóptico, analítico, bimanual, hombre-máquina.

## **Abstract**

This degree work aims to develop a computational tool that allows users too easily and elaborate didactically the diagrams used in the Analysis of Methods and Times according to the standards of the International Labor Organization. This tool allows analytical diagrams, synoptic, travel, bimanual and man-machine, in a web browser by means of canvas. Being developed in JavaScript and Html5 through an iterative development process from a prototype. The need of the tool was determined from surveys and suggestions made by teachers and students of the subject of methods and times.

Keywords: OTI, canvas, web tool, methods and times, diagrams, synoptic, analytical, bimanual, man-machine.

## Contenido

<b>Lista tablas y figuras.....</b>	<b>vii</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>11</b>
<b>2. Planteamiento del problema.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Objetivos.....</b>	<b>6</b>
3.1 Objetivo general.....	6
3.2 Objetivos específicos.....	6
<b>4. Marco teórico.....</b>	<b>7</b>
4.1 Diagrama sinóptico de proceso.....	7
4.2 Diagrama analítico de proceso.....	20
4.3 Diagrama de recorrido o circulación.....	24
4.4 Diagrama hombre-máquina.....	26
4.5 Diagrama bimanual.....	32
4.6 Aplicaciones web.....	37
4.7 Lenguaje de marcado de hipertexto (HTML).....	38
4.7.1 Etiqueta <canvas> o API canvas.....	39
4.8 Pre-Procesador de hipertexto (PHP).....	40
4.9 JavaScript.....	41
4.9.1 JQuery.....	41
4.9.2 Diagramo.....	42
4.10 Licencias de código.....	42
<b>5. Estado del arte.....</b>	<b>43</b>
<b>6. Metodología.....</b>	<b>49</b>

<b>7. Desarrollo de la investigación.....</b>	<b>51</b>
7.1 Diseño.....	51
7.1.1 Requisitos.....	52
7.1.2 Análisis de requisitos.....	53
7.2 Desarrollo de software realizado.....	54
7.2.1 Desarrollo evolutivo por metodología IWeb.....	54
7.2.2 Ajustes por iteración.....	55
7.2.3 Herramienta desarrollada.....	59
7.3 Resultados.....	67
<b>8. Conclusiones.....</b>	<b>72</b>
<b>9. Trabajos futuros.....</b>	<b>74</b>
<b>10. Referencias.....</b>	<b>75</b>
<b>11. Anexos.....</b>	<b>78</b>
11.1 Anexo 1: diagnóstico a estudiantes.....	78
11.2 Anexo 2: plan de muestreo.....	84
11.2.1 Población y muestra.....	84
11.2.2 Método de investigación.....	85
11.2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	85

## Figuras

Figura 4.1. Ejemplo de formato de diagrama Analítico.....	8
Figura 4.2. Encabezado del diagrama Sinóptico.....	8
Figura 4.3. Símbolo de Inspección en el diagrama Sinóptico.....	9
Figura 4.4. Símbolo de Operación en el diagrama Sinóptico.....	9
Figura 4.5. Símbolo de Actividad combinada en el diagrama Sinóptico.....	9
Figura 4.6. Línea horizontal de entrada de material al proceso.....	10
Figura 4.7. Línea horizontal de salida de material del proceso.....	10
Figura 4.8. Sin unión.....	10
Figura 4.9. Línea principal y secundaria.....	11
Figura 4.10. Flujo alternativo de selección dependiente.....	12
Figura 4.11. Flujo alternativo de selección independiente.....	12
Figura 4.12. Repetición de actividades.....	13
Figura 4.13. Cambio de tamaño o forma.....	13
Figura 4.14. Reproceso.....	14
Figura 4.15. Numeración.....	15
Figura 4.16. Tabla resumen.....	15
Figura 4.17. Principio para la elaboración de diagramas de proceso.....	18
Figura 4.18. Ejemplo de diagramas de proceso.....	19
Figura 4.19. Formato para diagrama Analítico de proceso.....	21
Figura 4.20. Símbolo de Inspección en el diagrama Analítico.....	21
Figura 4.21. Símbolo de Operación en el diagrama Analítico.....	21
Figura 4.22. Símbolo de Actividad combinada en el diagrama Analítico.....	21

Figura 4.23. Símbolo de Transporte en el diagrama Analítico.....	21
Figura 4.24. Símbolo de Espera en el diagrama Analítico.....	21
Figura 4.25. Símbolo de Almacenamiento en el diagrama Analítico.....	21
Figura 4.26. Tabla resumen.....	23
Figura 4.27. Ejemplo diagrama Analítico de proceso.....	23
Figura 4.28. Formato de diagrama de Recorrido.....	24
Figura 4.29. Tabla resumen de diagrama de Recorrido.....	25
Figura 4.30. Unión de actividades en el diagrama de Recorrido.....	26
Figura 4.31. Formato de diagrama de Recorrido para dos agentes.....	28
Figura 4.32. Encabezado del diagrama Hombre-Máquina.....	27
Figura 4.33. Símbolo de trabajo independiente.....	29
Figura 4.34. Símbolo de trabajo combinado.....	29
Figura 4.35. Símbolo de inactividad y/o espera.....	29
Figura 4.36. Ejemplo de diagrama Hombre-Máquina.....	31
Figura 4.37. Tabla resumen del diagrama hombre-máquina.....	31
Figura 4.38. Formato de diagrama Bimanual.....	33
Figura 4.39. Símbolo de Operación en el diagrama Bimanual.....	33
Figura 4.40. Símbolo de Transporte en el diagrama Bimanual.....	34
Figura 4.41. Símbolo de Espera en el diagrama Bimanual.....	34
Figura 4.42. Símbolo de Sostenimiento en el diagrama Bimanual.....	34
Figura 4.43. Encabezado.....	34
Figura 4.44. Tabla resumen.....	35
Figura 4.45. Ejemplo de diagrama Bimanual.....	36



Figura 7.1. Vista general del editor y sus secciones.....	59
Figura 7.2. Secciones del panel derecho.....	60
Figura 7.3. Panel superior y sus secciones.....	60
Figura 7.4. Juego de figuras por diagrama y panel de carga de imágenes.....	61
Figura 7.5. Panel de figuras especiales.....	61
Figura 7.6. Cabecera del diagrama Analítico.....	62
Figura 7.7. Cabecera del diagrama Sinóptico.....	62
Figura 7.8. Cabecera del diagrama de Recorrido.....	62
Figura 7.9. Cabecera de Bimanual con secciones nuevas.....	63
Figura 7.10. Diagrama Hombre-Máquina con secciones nuevas y generadas resaltadas.....	63
Figura 7.11. Cuadro de dialogo de carga de imágenes.....	64
Figura 7.12. Tabla del diagrama Bimanual en modo de edición.....	64
Figura 7.13. Tabla del diagrama Hombre-Máquina con tres actores.....	65
Figura 7.14. Plantilla de impresión de un diagrama de hombre-máquina.....	65
Figura 7.15. Ejemplo de diagrama Analítico con funciones de entrada y salida.....	66
Figura 7.16. Diagrama de casos de uso del sistema DiagraMet.....	67
Figura 7.17. Calificación del tiempo de construcción del diagrama.....	68
Figura 7.18. Calificación facilidad de uso de la herramienta.....	68
Figura 7.19. Calificación de la organización de las líneas de flujo.....	69
Figura 7.20. Calificación de la presentación de la tarea.....	69
Figura 7.21. Calificación del entorno amigable.....	70
Figura 7.22. Calificación de la numeración de las actividades.....	70
Figura 7.22. Calificación del diligenciamiento de la tabla de resumen.....	71

Figura 7.22. Calificación de los cálculos realizados por la herramienta.....	71
Figura 11.1. Distribución de estudiantes participes en el estudio.....	78
Figura 11.2. Distribución del uso de herramientas para la realización de diagramas.....	78
Figura 11.3. Distribución del grado de dificultad en el tiempo de realización de los diagramas..	79
Figura 11.4. Distribución del grado de dificultad en la colocación de actividades.....	79
Figura 7.22. Distribución de la dificultad en la organización de las líneas de flujo, entradas y salidas.....	80
Figura 11.6. Distribución de la dificultad en la presentación en las tareas.....	80
Figura 11.7. Distribución de la dificultad en la claridad a la hora de realizar el diagrama.....	81
Figura 11.8. Distribución de la dificultad a la hora de editar lo elaborado.....	81
Figura 11.9. Distribución de la dificultad en la numeración de las actividades.....	82
Figura 11.10. Distribución de la dificultad en el diligenciamiento adecuado de la tabla resumen. .....	82
Figura 11.11. Distribución de la dificultad en la elaboración de los cálculos.....	83

### **Ecuaciones**

Ecuación 1. Obtención del tiempo de clico en diagrama de hombre-máquina.....	30
Ecuación 2. Obtención de la eficiencia en diagrama de hombre-máquina.....	30
Ecuación 3. Formula de obtención de la muestra.....	84

## **1. Introducción**

La mejora de los métodos de trabajo, es uno de los componentes de la Organización Científica del Trabajo en la que junto con otra serie de técnicas, tales como las relaciones humanas, el estudio de mercados, la valoración de los puestos de trabajo y del personal las cuales contribuyen al aumento de la productividad. Siendo el Estudio del Trabajo una técnica que busca la eliminación y reducción de tiempos improductivos a través del registro, análisis y crítica sistemática de las formas de trabajo existentes, con el propósito de desarrollar e implementar procesos o procedimientos más sencillos y eficaces (Pérez G., 1989). Estas técnicas son impartidas a nivel de pregrado dentro de la asignatura de Métodos y Tiempos, donde los estudiantes, comúnmente de la carrera profesional de Ingeniería Industrial y afines, estudian y aplican técnicas y principios del Estudio de Métodos para la mejora y optimización de procesos a través de la utilización de diagramas para el registro de observaciones, análisis y generación de propuestas que mejoren los métodos de trabajo.

Luego de identificar las necesidades de los estudiantes del programa ingeniería industrial en la asignatura de Métodos y Tiempos de la Universidad de la Costa, a través de la realización de encuestas, se encontró que actualmente los estudiantes presentan dificultades en el diseño, construcción, análisis y presentación de los diagramas del Estudio del Trabajo. Generando en los estudiantes niveles significativos de improductividad, lo que influye de forma negativa en los resultados del proceso de aprendizaje. En otras palabras y conforme Martin (1969), para este caso se presenta una contradicción subyacente en el objetivo de la asignatura, debido a que en ella se enseña a los estudiantes la eficiencia y formas de alcanzarla, pero no se aplica este principio dentro del proceso de enseñanza.

Adicionalmente, la iniciativa del proyecto surge por la solicitud de los docentes de asignatura, manifestando que carecen de herramientas específicas destinadas a la enseñanza didáctica de la modelación de los diagramas hacia los estudiantes, lo que dificulta tanto su labor, como se evidencia en el anexo 1, como el desarrollo de las clases, debido a que al preparar ejercicios los estudiantes para la realización de los diagramas correspondientes tenían que recurrir a la ofimática (Excel, Power Point, Microsoft Visio, etc.), cuando los diagramas resultaban muy extensos de desarrollar presentaban obstáculos en la comprensión y el análisis por parte de los estudiantes.

Dado que cada estudiante realizaba el diagrama con las herramientas que tenía a su alcance, en algunos casos los estudiantes dedicaban más tiempo al dibujo y a la presentación visual que a la información colocada en ellos, como se evidencia en el anexo 1, obviando aspectos importantes de los mismos e incurriendo en ineficiencia, lo que influía en la ausencia de respuestas orientadas a la caracterización del problema, su análisis y generación de propuestas de mejora. Presentando sus informes bajo ningún estándar, algunos desorganizados y difíciles de corregir por parte de los profesores.

En consecuencia, surgió la necesidad de analizar el método de elaboración de diagramas y realizar un análisis crítico para plantear el diseño y desarrollo de una herramienta computacional, que optimizara su desarrollo y construcción. Permitiendo al docente llevar a cabo el proceso de enseñanza – aprendizaje de una forma ágil y didáctica de los modelos desarrollados. Para lograrlo, en este proyecto se realizó una revisión literaria sobre los diagramas Analítico, Sinóptico, Recorrido, Bimanual Y Hombre-Máquina; así como una revisión en el mercado informático de las aplicaciones o programas que los estudiantes usaban al momento de realizar los diagramas.

Se inició a través de un estudio de los requisitos de cada uno de los diagramas para que fueran implementados en la nueva herramienta, junto con la adopción de una plataforma flexible para su desarrollo. A partir de una versión desarrollada de la herramienta se dio inicio a la prueba con los estudiantes para determinar su eficiencia y usabilidad. A través de encuestas y pruebas pilotos se agregaron las correcciones pertinentes y se dio finalmente la realización de manual de usuario para el uso de la herramienta.

## 2. Planteamiento del problema

Como parte de la formación de los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de la Costa, dentro de la asignatura de Métodos y Tiempos se busca que los estudiantes identifiquen y aprendan a utilizar los diagramas Sinóptico de procesos, Analítico de procesos, Bimanual, Recorrido y Hombre-Máquina tal como lo establece la OIT<sup>1</sup>. Para impartir la clase, los docentes poseen un plan de estudios que relaciona todas las temáticas que se abordaran en orden cronológico a lo largo del semestre.

Adicionalmente, esta asignatura es obligatoria para los estudiantes de este pregrado y se imparte de dos formas. Una se desarrolla a través de una clase magistral y otra, de forma simultánea, a través de una clase teórica – práctica desarrollada en un laboratorio. En ambos escenarios se genera la necesidad de que el estudiante desarrolle las competencias, destrezas y habilidades en la asignatura a través de ejercicios en donde el estudiante partiendo de la descripción de un proceso de producción deba construir, analizar y mejorar lo.

Sin embargo, luego de encuestar a los estudiantes, como se detalla en el anexo 1, los estudiantes utilizan para la construcción de los diagramas diferentes herramientas no especializadas, que se encuentran disponibles de forma libre como Excel, Word, Power Point, Visio, etc. Esto se convierte en un problema en la medida en que los estudiantes deban emplear mucho tiempo y esfuerzo en la construcción estética del diagrama en cuestión, en lugar de orientar sus esfuerzos en el análisis y mejora del proceso.

Del mismo modo, se encontró que los softwares disponibles no satisfacen de forma completa las necesidades de los estudiantes debido a que no calculan métricas y estadísticas de desempeño, las cuales son parte indispensable de los diagramas. En consecuencia, los estudiantes deben realizar el diagrama utilizando más de una herramienta, generando mayor consumo de tiempo y

---

<sup>1</sup> OIT: Organización Internacional del Trabajo

en algunas ocasiones reprocesos. En este sentido, existe la necesidad de que los estudiantes para el desarrollo pleno del proceso de aprendizaje deban contar con una herramienta que les brinde la oportunidad de diseñar, construir y mejorar los diagramas del estudio del trabajo de forma práctica y ágil.

Por ello, resulta como cuestión establecer: ¿Es posible que una herramienta computacional permita a los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad de la Costa mejorar la elaboración y análisis de los diagramas que hacen parte del estudio de métodos?

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

- Desarrollar una herramienta computacional que permita a los usuarios elaborar de forma fácil y didáctica los diagramas utilizados en el Análisis de Métodos conforme a los estándares de la Organización Internacional del Trabajo.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Establecer los requisitos de diseño a través de una revisión teórica y caracterización de las necesidades y dificultades de los estudiantes al momento de realizar uno de los diagramas utilizados en el Análisis de Métodos bajo los estándares de la OIT.
- Desarrollar una herramienta computacional permita a los usuarios la realización de elaboración de los diagramas de métodos.
- Evaluar si el software responde a las necesidades de los usuarios finales aplicando pruebas en estudiantes del programa de Ingeniería Industrial para realizar los ajustes pertinentes y despliegue de la herramienta.



#### 4. Marco teórico

El estudio de métodos y tiempos es el análisis sistemático de los métodos de trabajo con el propósito básicamente de hallar el mejor procedimiento de realizar el trabajo y determinar el tiempo tipo de una tarea (Barnes, 1979). En este sentido reducir el tiempo de ejecución de las tareas para poder llevarlo a cabo en el menor esfuerzo y desempeño. Eliminando los desperdicios de materiales, tiempo y esfuerzo; Agrando facilidad y valor a las tareas y aumentando la calidad de los productos. Adicionalmente, tiene el propósito de:

- Planear y programar la capacidad y el diseño de los procesos (Mer021).
- Brindar al operador la oportunidad de obtener el máximo beneficio de su propio esfuerzo (Cardiel M, 1982).
- Y finalmente permite gestionar la fábrica de manera competitiva y productiva.

Para realizar el análisis de Métodos de un proceso se utilizan diagramas, que brindan una perspectiva global de los procesos y ayuda al analista de los procesos en la utilización de métodos cuantitativos para la recolección y análisis de los datos de las actividades, como lo son el diagrama hombre-máquina, recorrido, sinóptico, analítico y bimanual.

##### 4.1 Diagrama sinóptico de proceso

Este diagrama es una representación gráfica de cada una de las actividades que se desarrollan dentro de un proceso o procedimiento. Con el propósito de suministrar al analista del proceso una completa visión de la secuencia de las actividades que componen un circuito de producción. En aras de que se pueda analizar cada etapa del proceso de manera sistemática y poder optimizar la disposición física de la planta, el flujo de material.

Y finalmente, permitir al analista estudiar todas operaciones e inspecciones que se conjugan dentro de un proceso productivo. Adicionalmente, este diagrama muestra cronológicamente la

secuencia en que ocurren tan sólo las principales operaciones, inspecciones y las combinaciones de estas, como se ven en las figuras 4.1 y 4.18 (Freivalds & Niebel, 2001).







DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESO						
Carta No	Hoja No:	De:	MEIODO PRESENTE <input type="checkbox"/>	MEIODO PROPUESTO <input type="checkbox"/>		
MATERIAL			RESUMEN			
			ACTIVIDAD	PRESENTE	PROPUESTO	GANADO
ACTIVIDAD:			OPERACIÓN 			
			TRANSPORTE 			
			DEMORA 			
			INSPECCION 			
UBICACIÓN:			ALMACENAJE 			
			COMBINADA 			
ANALISTA:			TOTAL ACTIVIDADES			
			DISTANCIA TOTAL			
FECHA:			TIEMPO TOTAL			

Figura 4.1. Ejemplo de formato de diagrama Analítico. Elaborado por: Autores.

### Encabezado

El encabezado se encuentra en la parte superior de la hoja y está constituido por la información relevante acerca del proceso y del diagrama. Tal como se observa en la figura 4.2.




DIAGRAMA SINOPTICO DEL PROCESO				
Diagrama No	Hoja No:	De:		
Fecha :	PRESENTE <input type="checkbox"/>	PROPUESTO <input type="checkbox"/>	RESUMEN	
ACTIVIDAD:	ACTIVIDAD	PRESENTE	PROPUESTO	GANADO
	OPERACIÓN 	13	12	1
	INSPECCIÓN 	5	1	4
	COMBINADA 	0	2	-2
ANALISTA:	TOTAL ACTIVIDADES	18	15	3
FECHA:	TIEMPO TOTAL (min)	12	8,4	3,6

Figura 4.2. Encabezado del diagrama Sinóptico. Elaborado por: Autores.

## Símbolos

Este diagrama tiene tres tipos de símbolos. *Inspección, Operación y actividad combinada*. Como se ve en las figuras 4.3, 4.4 y 4.5.



Figura 4.3. Símbolo de Inspección en el diagrama Sinóptico. Elaborado por: Autores.



Figura 4.4. Símbolo de Operación en el diagrama Sinóptico. Elaborado por: Autores.



Figura 4.5. Símbolo de Actividad combinada en el diagrama Sinóptico. Elaborado por: Autores.

El símbolo de una operación se utiliza para representar eventos donde se modifica de forma deliberada una o varias características de un objeto; Y una actividad combinada se usa para indicar actividades conjuntas por el mismo operario en el mismo puesto de trabajo; Y Conforme el ASME<sup>2</sup> y a la OIT, se utiliza la inspección cuando se examina un artículo, pieza o elemento para su identificación; del mismo modo cuando se está verificando la calidad o cantidad del mismo (Kanawaty, 1996).

## Convenciones

Las **Líneas verticales** representan el flujo general del proceso al realizar el trabajo. Y las **Líneas horizontales** que se unen con las líneas de flujo verticales representan los materiales (comprados o trabajados durante el proceso).

Para representar los elementos que se desmontan o extraen se utiliza una línea horizontal de material dibujada a la derecha de la línea de flujo vertical; y cuando se trata de un ensamble se

---

<sup>2</sup> ASME: American Society of Mechanical Engineers

representa con una línea horizontal dibujada a la izquierda de la línea de flujo de flujo vertical. Tal como se ve en las figuras 4.6 y 4.7. Normalmente este diagrama se dibuja de manera que las líneas de flujo verticales y las líneas de material horizontales no se intercepten. Para cuando sea inevitable un cruce entre una horizontal y una vertical se traza un semicírculo en la línea horizontal con centro en el punto donde cortaría a la línea vertical de flujo. (Freivalds & Niebel, 2001).

Esto se hace con el objetivo para advertir al analista del proceso que no ocurre una intersección entre estas dos, como se ve en la figura 4.8.

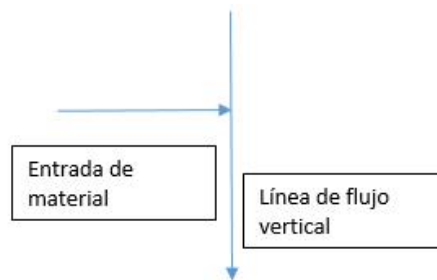


Figura 4.6. Línea horizontal de entrada de material al proceso. Elaborado por: Autores.

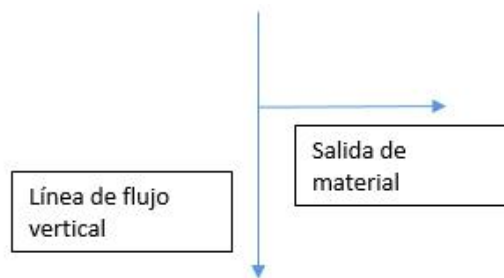


Figura 4.7. Línea horizontal de salida de material del proceso. Elaborado por: Autores.

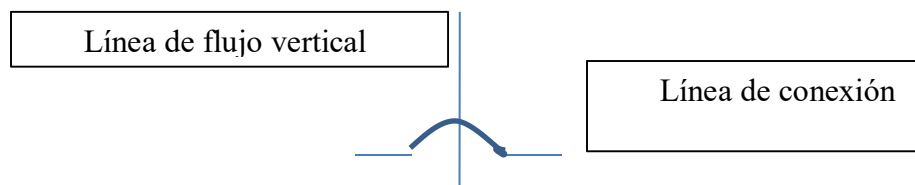


Figura 4.8. Sin unión. Elaborado por: Autores.

La línea principal es la línea de flujo vertical principal que representa la parte o pieza más importante del proceso y que generalmente incluye aquella parte del producto a la que siempre se

le agrega los demás componentes, o sobre la que se le realizan las actividades principales del proceso. Y las Líneas secundarias corresponden a las líneas de flujo a la izquierda de la línea principal que representan las partes, piezas y/o materiales que son procesados antes de ser adheridos a la línea principal, como se ve en la figura 4.9.

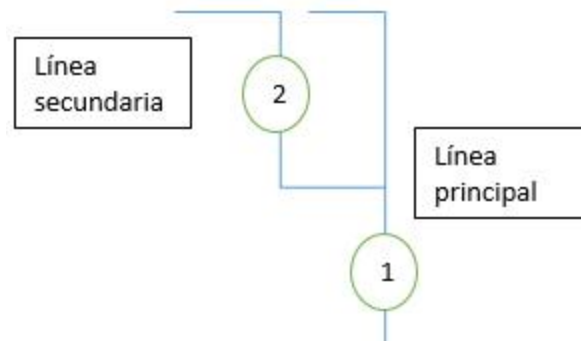


Figura 4.9. Línea principal y secundaria. Elaborado por: Autores.

Adicionalmente, Ciscal y Sosa, Jáuregui, Muñoz, Hidalgo de los Reyes y Becerra (2003) resumen las convenciones restantes propias del diagrama de procesos en función de la situación que se quiera registrar:

- Existen ocasiones en que una línea de flujo horizontal puede dividirse para llevar a cabo procedimientos paralelos que una vez terminados sus resultados se integran a la línea de flujo original, como se ve en la figura 4.10. A esta convención se le denomina *Flujo alternativo de selección dependiente*.

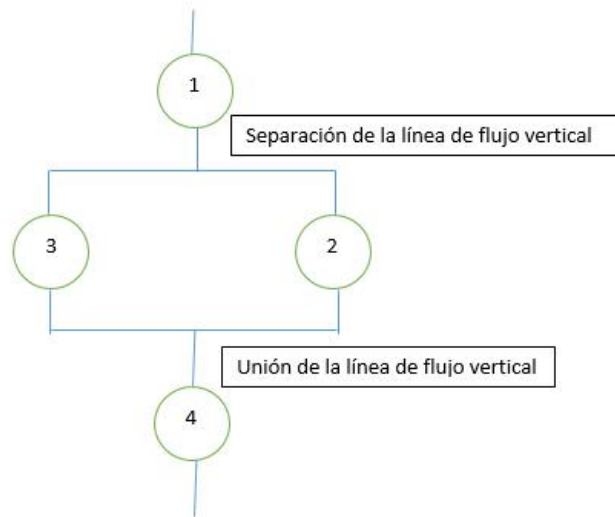


Figura 4.10. Flujo alternativo de selección dependiente. Elaborado por: Autores.

- Del mismo modo, una línea de flujo horizontal puede dividirse para llevar a cabo procedimientos paralelos que una vez culminados no vuelven a la línea de flujo vertical original, y/o estas divisiones pueden constituir una salida hacia otro proceso. A esta convención se le denomina ***Flujo alternativo de selección independiente***, como se puede observar en la figura 4.11.

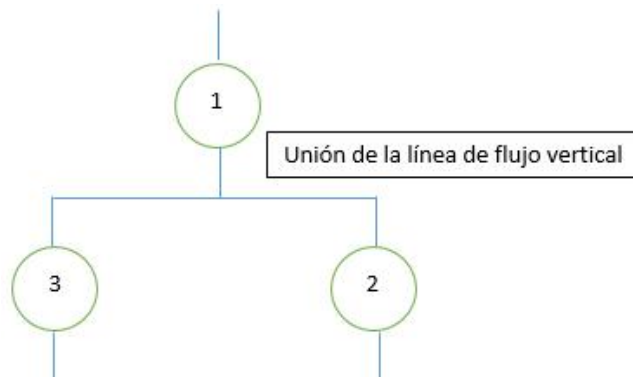


Figura 4.11. Flujo alternativo de selección independiente. Elaborado por: Autores.

- La ***Repetición de actividades*** es una convención que representa una situación donde una pieza, material o parte requiere repetir de forma obligatoria o natural una o más actividades antes de seguir con la línea de flujo vertical, tal y como se puede observar en la figura 4.12. Todas las actividades que se encuentran desde el inicio del

segmento de línea, que se separa a la izquierda de la línea de flujo vertical hasta cuando vuelve a unirse con ella, se repetirán tantas veces como el rotulo de repetición lo indique.

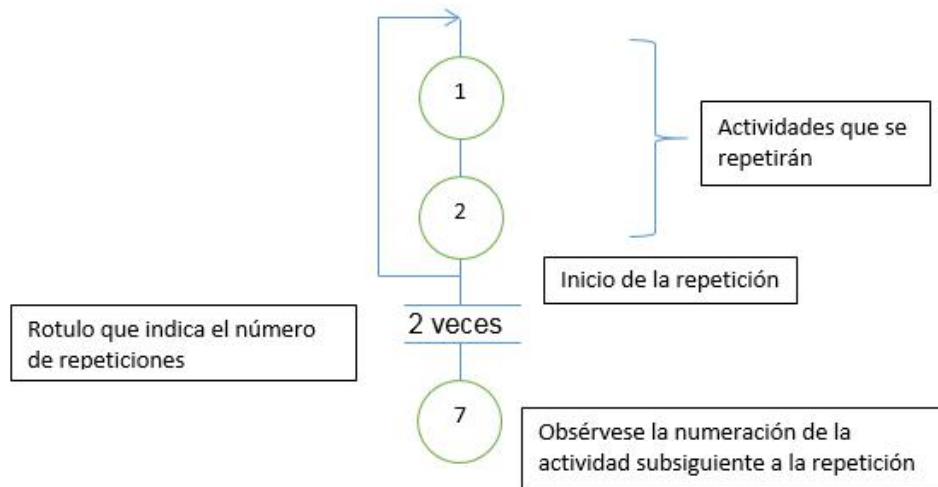


Figura 4.12. Repetición de actividades. Elaborado por: Autores.

- El ***Cambio de tamaño o estado*** es una convención que indica un cambio significativo del producto, parte, pieza, material o elemento al ser procesado por una actividad. Esta convención es usada para representar las transformaciones relevantes con la intención de facilitar comprensión de las actividades subsiguientes, como se ve en la figura 4.13.



Figura 4.13. Cambio de tamaño o forma. Elaborado por: Autores.

- El ***Reproceso*** es una convención utilizada para indicar la repetición opcional de un ciclo de actividades. Es decir, que se utiliza para representar la posibilidad de repetir

una fase del proceso con la intención de corregir una inconformidad o falla en el producto, pieza, parte, material etc.

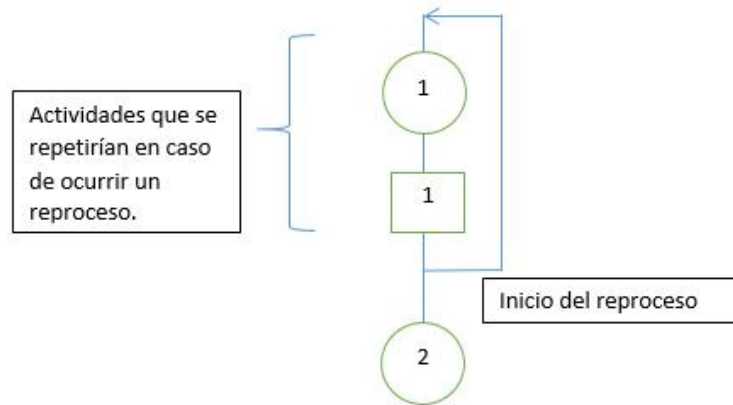


Figura 4.14. Reproceso. Elaborado por: Autores.

### Numeración

Todas las actividades que se plasman en un diagrama deben ser numeradas. La numeración debe comenzar por las actividades que se encuentran en la línea de flujo vertical principal del diagrama desde arriba hacia abajo hasta encontrar una conexión de una línea secundaria. A partir de ahí se detiene la numeración de las actividades de la línea principal y se continua en la línea inmediatamente a la izquierda de la línea vertical principal. Esta numeración se realiza de la misma forma, es decir, desde arriba hacia abajo hasta volver a la línea vertical principal, en donde se continua con la numeración. Así sucesivamente.

La numeración se lleva a cabo por tipo de actividad, es decir, que la numeración de las *operaciones* es independiente a la numeración de las *inspecciones*. De modo que al final de la numeración se pueda determinar el número de cada una de las actividades que se llevan a cabo en el proceso, como se ve en la figura 4.15. Cuando el proceso se refiera a un desmontaje se debe seguir, después del símbolo de la operación de desmontaje, por la línea de la pieza desmontada, para volver de nuevo a la actividad siguiente al desmontaje, de la línea principal de recorrido.



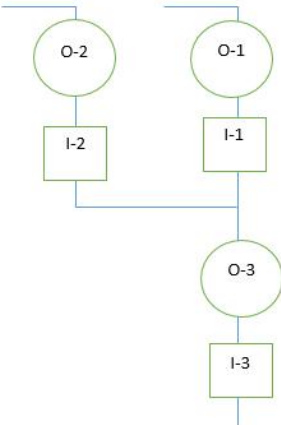


Figura 4.15. Numeración. Elaborado por: Autores.

**Tabla resumen**

La tabla resumen corresponde a una relación del número total de actividades por tipo que se realizaron en el proceso y el tiempo total empleado. Esta tabla permite a los usuarios tomar decisiones con respecto a la gestión del proceso, como se ve en la figura 4.16.




RESUMEN			
ACTIVIDAD	PRESENTE	PROPUESTO	GANADO
OPERACIÓN 	13	12	1
INSPECCIÓN 	5	1	4
COMBINADA 	0	2	-2
TOTAL ACTIVIDADES	18	15	3
TIEMPO TOTAL (min)	12	8,4	3,6

Figura 4.16. Tabla resumen. Elaborado por: Autores.

Las columnas de *propuesto* y *ganado* sólo se llenan con el diagrama propuesto. Y la columna de *ganado* corresponde a la diferencia entre la columna de *presente* y *propuesto*.

**Construcción**

Para la construcción del diagrama, inicialmente se ingresa en el encabezado con la información correspondiente al proceso que se está estudiando. Luego, se selecciona una pieza, elemento u operario que va a ser parte del producto final usando como criterio de selección el

componente en que se realiza el mayor número de operaciones. Sin embargo para cuando se trate de un proceso de montaje progresivo, se recomienda escoger el elemento de mayor tamaño y/o sobre el cual se ensamblan los elementos restantes.

Luego, se traza una línea horizontal, denominada “línea de material” en la parte superior derecha del diagrama, sobre la cual se debe colocar una descripción breve y completa de elemento. Una vez así reflejado y descrito el componente principal, por el extremo derecho de la línea horizontal de material se traza una línea vertical de recorrido (sobre la que se irán situando las actividades en el orden en que sucedan). Y a determinada distancia de la intersección de la línea horizontal de material con la línea vertical de recorrido se dibuja el símbolo que representa la primera operación que se lleve a cabo. Adicionalmente a la derecha del símbolo se anota una breve descripción de la actividad considerada, por ejemplo, “cortar en cizalla”; Y en la parte izquierda del símbolo se escribe el tiempo que empleara la actividad (Freivalds & Niebel, 2001).

Seguidamente, se vuelve a trazar una línea vertical debajo del símbolo y a determinada distancia sobre la línea vertical se coloca el símbolo que representa la actividad subsiguiente con respectiva descripción. Este procedimiento se repite hasta que se adhiere un nuevo componente se une al principal. Cuando esto ocurre, se traza una nueva línea horizontal de material para indicar el punto en donde el segundo componente entra en el proceso. Cuando se va adherir un elemento comprado, se debe anotar una descripción sobre la línea horizontal de material una para poder identificarlo (Garcia G., 2005).

Sin embargo, si el nuevo material o componente debe procesarse antes de adherirse a la línea vertical principal, habrá que trazar la nueva línea horizontal de material a la misma altura y a la izquierda de la línea de material horizontal principal. Por su extremo derecho se traza la línea vertical de proceso de este nuevo componente, para lo que se tendrá en cuenta todo lo que se ha

dicho para la del recorrido principal hasta llegar al punto en que tiene que entrar en dicho proceso principal, en cuyo momento se unen mediante una línea horizontal, tal y como se ve en la figura 4.17.

Cada vez que se produzca la entrada de un nuevo componente o material, se repetirá lo anteriormente descrito. Se enumeran de forma independiente y correlativamente en el orden en que aparecen en el diagrama. Colocando delante del numero la inicial de la actividad correspondiente. Ejemplo O-1 para indicar la operación número 1. Cuando otro componente en el que se ha realizado algún trabajo se introduce en el proceso, las operaciones llevadas a cabo en él se numeran en la misma serie.

Finalmente, se recoge en el cuadro resumen, el total de las actividades representadas en el diagrama, incluso con la suma de los tiempos correspondientes a cada una, para poder comparar las correspondientes al método actual y al propuesto, como se ve en la figura 4.16.

Para la construcción del diagrama se identifican las actividades y se ordenan conforme al siguiente principio:

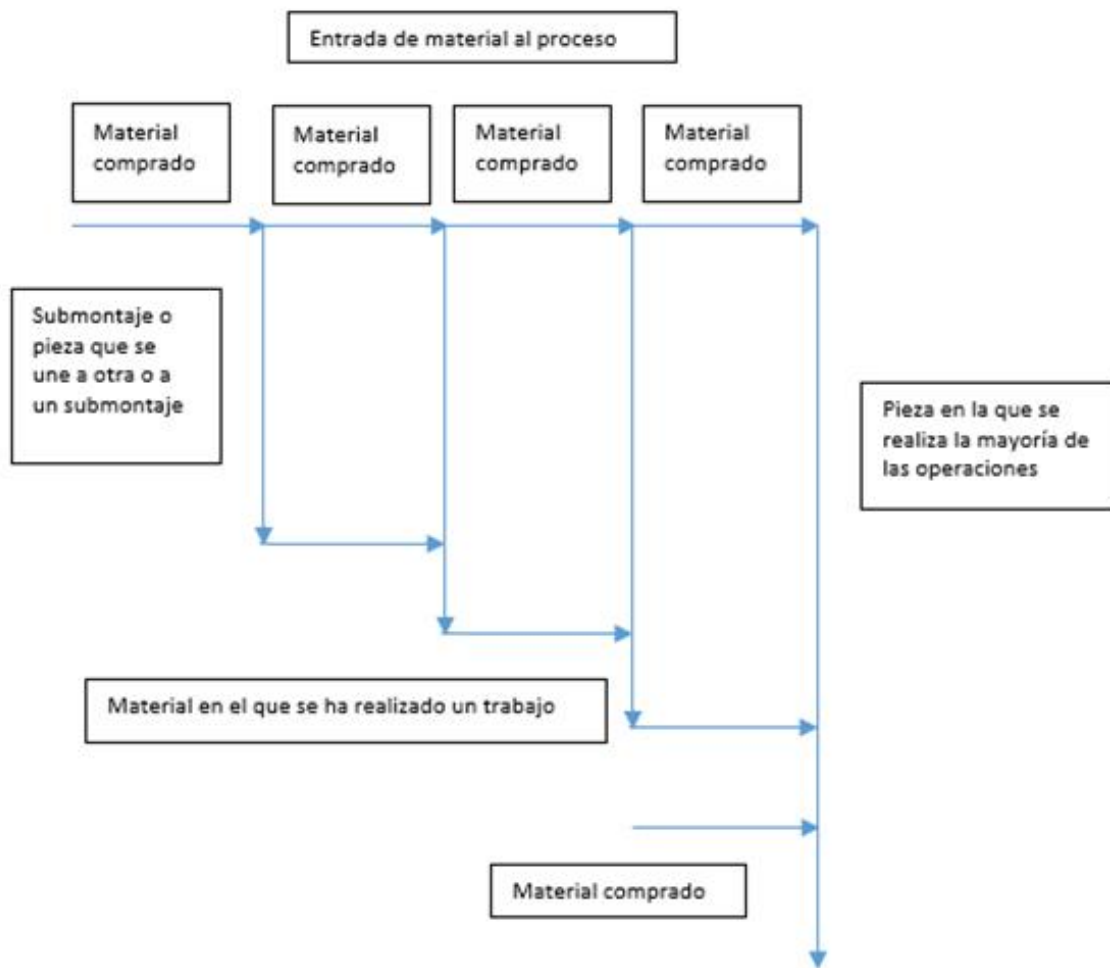


Figura 4.17. Principio para la elaboración de diagramas de proceso. Fuente: (Pérez G., 1989, p. 31)

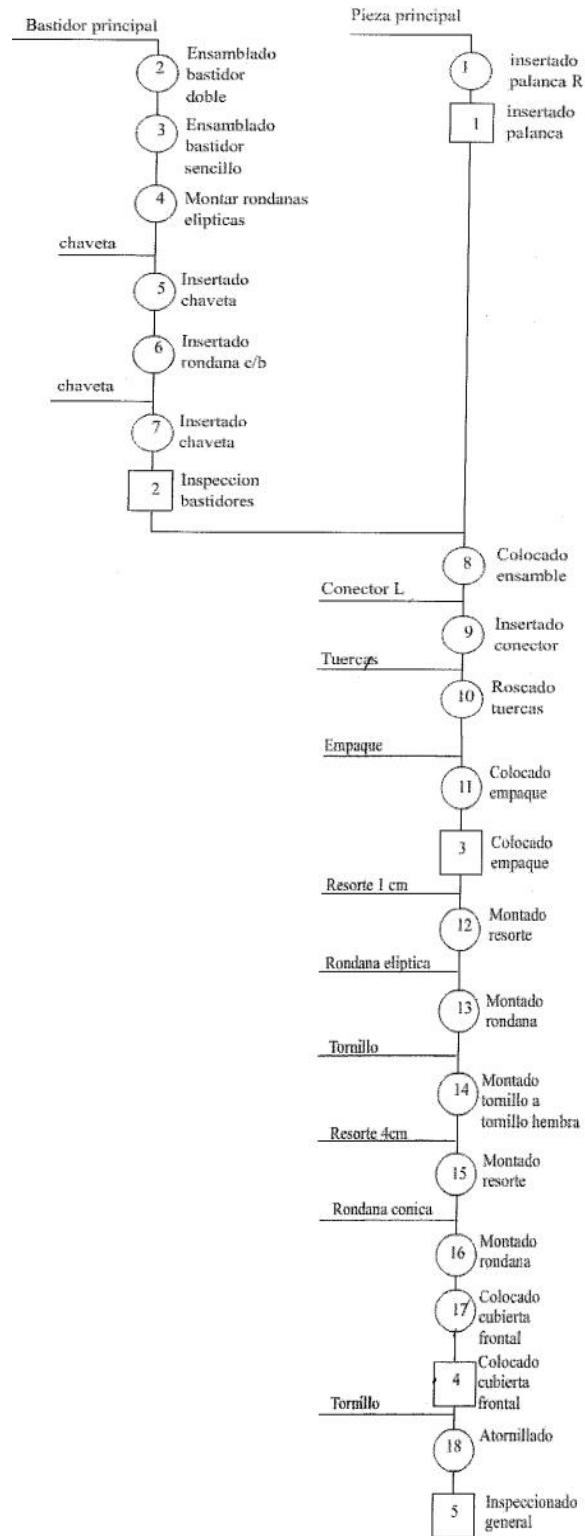


Figura 4.18. Ejemplo de diagramas de proceso. Fuente: (Lucinda, 2010).

## 4.2 Diagrama analítico de proceso

Este diagrama es la representación gráfica de la trayectoria de un producto o procedimiento mostrando todos los eventos sujetos a examen en función del símbolo correspondiente.

Esencialmente, este diagrama es una ampliación del diagrama Sinóptico de proceso. Debido a que este diagrama consiste en el registro y descripción detallada de las *Operaciones e Inspecciones* y adicionalmente los *Transportes, Esperas y Almacenajes*.

De acuerdo a la OIT, puede ser tal como indica su definición de tres tipos:

- Tipo hombre u operario
- Tipo material
- Tipo equipo

El primero corresponde registro del estudio de las actividades realizadas por el hombre u operario, el segundo es el que registra los acontecimientos que le suceden al material en cada etapa; Y el tercero es el registro de la manera en cómo se utiliza el equipo (Kanawaty, 1996).

Su **formato** es extraordinariamente variable, como variable son los asuntos que refleja y un formato adecuado para presentar un diagrama Analítico de proceso en la figura 4.19. Y el **encabezado** se encuentra en la parte superior de la hoja y está constituido por la información relevante acerca del proceso y del diagrama. Tal como se muestra en la figura 4.19.

En cuanto a la **numeración** este diagrama muestra la secuencia cronológica de cómo se suceden las operaciones, inspecciones, las combinaciones de estas; transportes, esperas y almacenajes. Identificando los con seis tipos de símbolos: *Inspección, Operación, actividad combinada, Transporte, Espera y Almacenaje*, como se ve en las figuras 4.21 a 4.25.







DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO				
Carta No	Hoja No:	De:	METODO PRESENTE <input type="checkbox"/>	METODO PROPUESTO <input type="checkbox"/>
MATERIAL	RESUMEN			
	ACTIVIDAD	PRESENTE	PROPUESTO	GANADO
ACTIVIDAD:	OPERACIÓN 			
	TRANSPORTE 			
	DEMORA 			
	INSPECCION 			
UBICACIÓN:	ALMACENAJE 			
	COMBINADA 			
ANALISTA:	TOTAL ACTIVIDADES			
	DISTANCIA TOTAL			
FECHA:	TIEMPO TOTAL			

Figura 4.19. Formato para diagrama Analítico de proceso. Elaborado por: Autores.



Figura 4.20. Símbolo de Inspección en el diagrama Analítico. Elaborado por: Autores.



Figura 4.21. Símbolo de Operación en el diagrama Analítico. Elaborado por: Autores.



Figura 4.22. Símbolo de Actividad combinada en el diagrama Analítico. Elaborado por: Autores.



Figura 4.23. Símbolo de Transporte en el diagrama Analítico. Elaborado por: Autores.



Figura 4.24. Símbolo de Espera en el diagrama Analítico. Elaborado por: Autores.



Figura 4.25. Símbolo de Almacenamiento en el diagrama Analítico. Elaborado por: Autores.

Para este diagrama emplea el mismo conjunto de convenciones y principios en la numeración que lo hace el diagrama sinóptico de procesos. Sin embargo, Pérez & Bocanegra

(2009), describen cada uno de los símbolos propios de este diagrama de la misma forma que en el diagrama Sinóptico:

La inspección se emplea cuando se examina un artículo, pieza o elemento para su identificación; o cuando se está verificando la calidad o cantidad del mismo. El símbolo de una operación para representar eventos donde se modifica de forma deliberada una o varias características de un objeto; Y una actividad combinada se usa para indicar actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo punto de trabajo. Un transporte lo constituye los movimientos de un componente de un lugar a otro por más de un metro, excluyendo el movimiento que es parte esencial de una operación o inspección. La espera ocurre cuando las circunstancias, excepto las inherentes al proceso, no permiten la ejecución inmediata del procedimiento subsiguiente. Finalmente, un almacenaje ocurre cuando se guarda o se retiene momentáneamente un componente y no se puede retirar sin previa autorización (p. 22).

### **Tabla resumen**

La tabla resumen corresponde a una relación del número total de actividades por tipo que se realizaron en el proceso, el tiempo total empleado y la distancia total recorrida. Tiendo en cuenta que el caso de las repeticiones se toma los tiempos y distancias por cada número de veces repetidas, y para las opciones se toma el tiempo más largo transcurrido entre ellas.



RESUMEN				
ACTIVIDAD		PRESENTE	PROPUESTO	GANADO
OPERACIÓN	○			
TRANSPORTE	➡			
DEMORA	D			
INSPECCION	□			
ALMACENAJE	▽			
COMBINADA	◻			
TOTAL ACTIVIDADES				
DISTANCIA TOTAL				
TIEMPO TOTAL				

Figura 4.26. Tabla resumen. Elaborado por: Autores.

Las columnas de *propuesto* y *ganado* sólo se llenan con el diagrama propuesto. Y la columna de *ganado* corresponde a la diferencia entre la columna de *presente* y *propuesto*. En la siguiente figura 4.27 es posible apreciar un ejemplo de un diagrama Analítico de proceso.

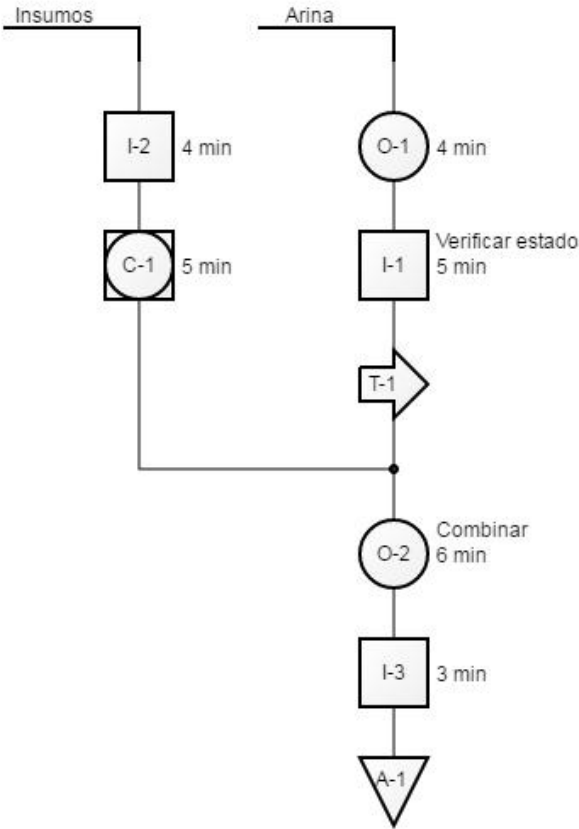


Figura 4.27. Ejemplo diagrama Analítico de proceso. Elaborado por: Autores.

4.3 Diagrama de recorrido o circulación

Este diagrama es la representación gráfica de todas las actividades que se llevan a cabo para la fabricación de un producto o para la ejecución de un proceso administrativo, sobre un plano a escala de las instalaciones de la planta. Por lo general, este diagrama es usado para obtener una visualización de la distribución en planta de la fábrica, el proceso de producción de un producto, el recorrido de los trabajadores o el flujo de documentos (Meyers, 2000).

Formato

DIAGRAMA DE RECORRIDO

Diagrama No	Hoja No:	De:	ANALISTA:			
ACTIVIDAD:			METODO PRESENTE <input type="checkbox"/>		METODO PROPUESTO <input type="checkbox"/>	
			RESUMEN			
			ACTIVIDAD	PRESENTE	PROPUESTO	GANADO
			OPERACIÓN			
			TRANSPORTE			
			DEMORA			
			INSPECCION			
			ALMACENAJE			
			COMBINADA			
			TOTAL ACTIVIDADES			
DISTANCIA TOTAL						
TIEMPO TOTAL						
Ubicación :		Escala : 1 :		Fecha :		

Figura 4.28. Formato de diagrama de Recorrido. Elaborado por: Autores.

En el encabezado del diagrama se ingresa la información acerca del proceso y los datos adicionales relevantes para el analista, como se ve en la figura 4.28.

Y antes de realizar este diagrama se debe tener el diagrama de proceso correspondiente y un plano de la planta en donde se realiza el proceso. En el plano deben estar representados todos los elementos permanentes tales como muros, columnas, escaleras etc. Adicionalmente, deben estar representadas las localizaciones del equipo de manufactura, así como lugares de almacén, bancos de inspección y, si se requiere, las instalaciones de energía (Bain, 1993).

Este diagrama usa los mismos símbolos del diagrama Analítico de proceso, es decir, operación, inspección; combinada, transporte, espera y almacenamiento.

### Construcción

Inicialmente se debe diligenciar el encabezado con la información respectiva. Luego, se dibuja el plano de la planta a tamaño escala o se toma una figura ya elaborada. Seguidamente, se identifican los puntos en donde se realizan cada una de las actividades del proceso y se colocan los símbolos respectivos. Señalando las actividades con los símbolos y números respectivos con los que aparecen en el diagrama de proceso. A continuación, se une con una línea cada los puntos en donde se realizan cada una de las actividades (operación, almacenaje o inspección), de acuerdo con el orden natural del proceso. La línea representa el circuito de producción que recorren materiales o el operario que los procesa. Designando el símbolo del transporte en los segmentos entre actividades que implique un desplazamiento, como se ve en la figura 4.30.

Generalmente este diagrama debe realizarse de forma que las líneas de flujo no se corten. Para cuando se requiera un cruce entre ellas, se dibuja un pequeño semicírculo en una línea con centro en el punto donde cortar a la línea de flujo para advertir que no hay intersección entre estas dos, como se ve en la figura 4.8. Finalmente, se diligencia la tabla resumen con la información respectiva.

### Tabla resumen

La tabla se registra el número total de actividades por tipo que se realizaron en el proceso, el tiempo total empleado y la distancia total recorrida.

RESUMEN			
ACTIVIDAD	PRESENTE	PROPUESTO	GANADO
OPERACIÓN			
TRANSPORTE			
DEMORA			
INSPECCION			
ALMACENAJE			
COMBINADA			
TOTAL ACTIVIDADES			
DISTANCIA TOTAL			
TIEMPO TOTAL			

Figura 4.29. Tabla resumen de diagrama de Recorrido. Elaborado por: Autores.

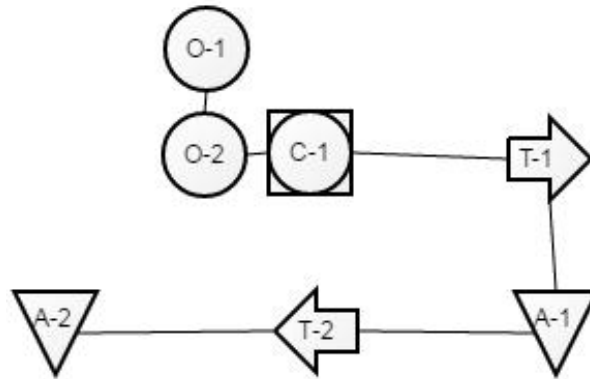


Figura 4.30. Unión de actividades en el diagrama de Recorrido. Elaborado por: Autores.

#### 4.4 Diagrama hombre-máquina

El diagrama hombre maquina es el registro simultaneo y en el orden cronológico en que suceden, de las actividades de la máquina y del operario que la atiende. Permitiendo determinar el tiempo que emplea cada uno de los agentes que están involucrados en el proceso conforme a las interacciones que se dan entre ellos en una secuencia lógica de actividades. Según Palacios (2016) el diagrama tiene tres propositos:

- Señalar las consecuencias de variar las asignaciones de maquinaria antes de decidir cuál es el número de máquinas que una persona puede operar y hacer asignaciones de máquinas múltiples.
- Incrementar o hacer mantenimiento durante la proporción del ciclo en el que se esté operando y revisar que no existan riesgos en caso de que el operador se retrase.
- Equilibrio entre las asignaciones de trabajo a los miembros de una cuadrilla en relación adecuada con la duración de los tiempos de las tareas efectuadas por ellos.

##### Formato

Como se observa en la figura, este es un diagrama que lleva como mínimo cinco columnas en las que se refleja por separado, dos columnas para la descripción de las actividades del operario y máquina que intervienen en el proceso, dos columnas a la derecha de estas para

rellenar y una columna para la escala para anotar los tiempos acumulados. Es decir, dos columnas por cada agente, como se ve en la figura 4.36. Tienen la particularidad de que, intercaladas entre ambas columnas, lleva una escala de tiempos muertos de sus dos componentes.

**Encabezado**

El encabezado se debe ingresar la información referente a la figura 4.31 y cualquier otra que crea necesario para mejorar la comprensión del diagrama.

**DIAGRAMA    HOMBRE - MAQUINA**

Diagrama No            Hoja No:        De:			RESUMEN								
PRODUCTO:			ACTIVIDADES	PRESENTE			PROPUESTO			GANADO	
				O	M		O	M		O	M
			Tiempo Combinado								
ACTIVIDAD:			Tiempo Independiente								
			Tiempo Improductivo								
MAQUINA ( S ):	VELOCIDAD:		Tiempo Ciclo								
	AVANCE:										
ANALISTA:		FECHA:	Eficiencia (%)								
Escala de Tiempo										Escala de Tiempo	

Figura 4.31. Encabezado del diagrama Hombre-Máquina. Elaborado por: Autores.

DIAGRAMA    HOMBRE - MAQUINA

Diagrama No                      Hoja No:                      De:			RESUMEN										
PRODUCTO:			ACTIVIDADES	PRESENTE			PROPUESTO			GANADO			
				O	M		O	M		O	M		
			Tiempo Combinado										
ACTIVIDAD:			Tiempo Independiente										
			Tiempo Improductivo										
MAQUINA ( S ):		VELOCIDAD:	Tiempo Ciclo										
		AVANCE:											
ANALISTA:		FECHA:	Eficiencia (%)										
Escala de Tiempo													Escala de Tiempo
			<div>Espacio disponible para dividir en tantas columnas como sea necesario</div>										

Figura 4.32. Formato de diagrama de Recorrido para dos agentes. Elaborado por: Autores.

## Símbolos

Existen tres tipos de símbolos basados en el nivel de participación de cada agente (operario y maquina) en una actividad específica, como se ve en las figuras 4.33 a 4.35.



Figura 4.33. Símbolo de trabajo independiente. Elaborado por: Autores.

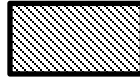


Figura 4.34. Símbolo de trabajo combinado. Elaborado por: Autores.



Figura 4.35. Símbolo de inactividad y/o espera. Elaborado por: Autores.

Se utiliza el símbolo de trabajo independiente toda aquella actividad en que solo involucra única y exclusivamente un agente participando en su realización. Se utiliza el símbolo de trabajo combinado para representar actividades donde se encuentran involucrados dos agentes para su realización. Y finalmente se utiliza el símbolo de inactividad para denotar que un agente no realiza ninguna actividad en una etapa determinada del proceso.

## Construcción

Se diligencia el encabezado con la información correspondiente. Luego, se determina la escala apropiada dentro del grafico la unidad de tiempo, es decir, escoge una distancia que represente una unidad de tiempo. Teniendo en cuenta que se dividirá en columnas el espacio en medio disponible en función del número de agentes involucrados (como se ve en la figura 4.32). Es decir, si solo existen dos agentes se dividirá ese espacio en 4 columnas. Tres columnas por cada agente. Una columna para describir la actividad, otra para anotar su símbolo y otra para anotar el tiempo, como se ve en la figura 4.36. Atendiendo que en la primera columna a la izquierda se ingresará el tiempo estimado de la duración de cada elemento en la secuencia de

actividades del diagrama. Estos tiempos son acumulados, lo que permite, al terminar el diagrama, conocer directamente el tiempo de duración del ciclo. En otras palabras, determinar el tiempo necesario para producir una unidad del producto bajo la secuencia de proceso que se designe como estándar.

Adicionalmente, En las columna de los agentes (operario y/o maquina) se ingresará una descripción breve de la actividad que se realiza y en la columna contigua a su derecha se dibujara el símbolo que represente esa actividad. Luego, se traza una línea horizontal debajo y se procede a ingresar la descripción y el símbolo respectivo de la actividad subsiguiente conforme al procedimiento anterior. Así sucesivamente. En la tabla resumen de la hoja, una vez que se ha terminado el diagrama, se coloca el tiempo total de trabajo del hombre y de la máquina, más los tiempos improductivos, como se ve en la figura 4.37.

Finalmente se debe determinar las eficiencias usando las siguientes formulas:

Ecuación 1. Obtención del tiempo de clico en diagrama de hombre-máquina.

Ecuación 2. Obtención de la eficiencia en diagrama de hombre-máquina.



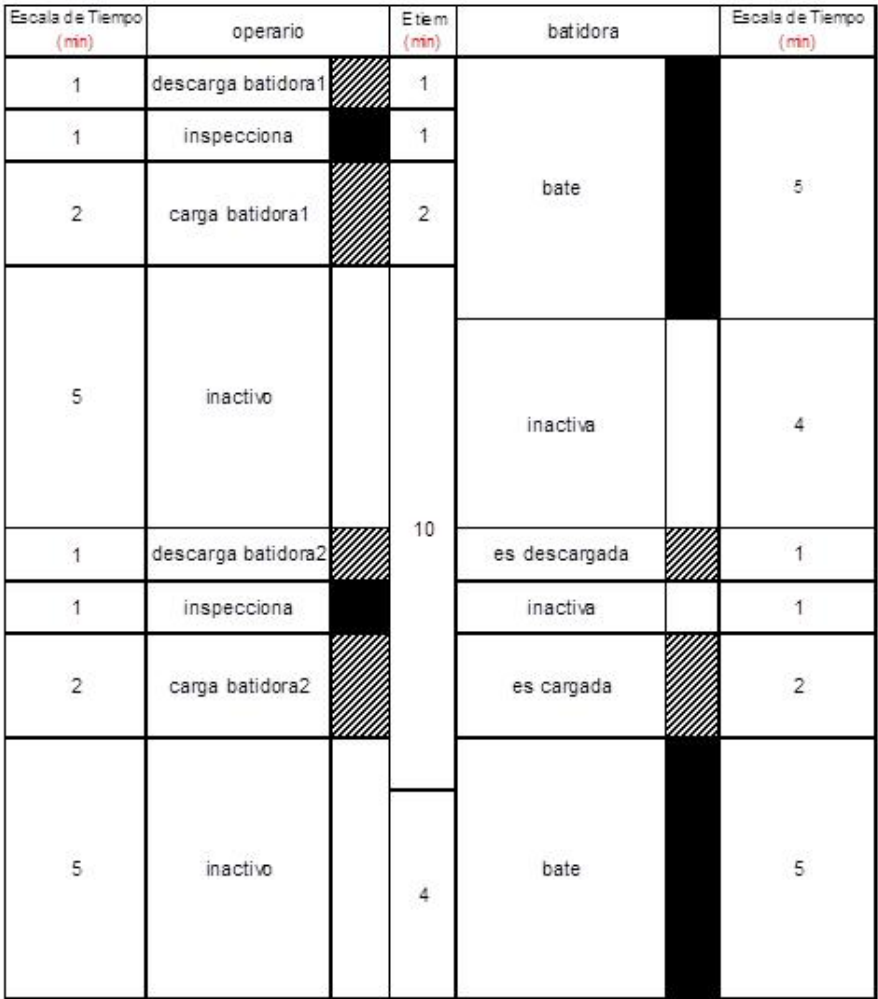


Figura 4.36. Ejemplo de diagrama Hombre-Máquina. Elaborado por: Autores.

RESUMEN									
ACTIVIDADES	PRESENTE			PROPUESTO			GANADO		
	O	M		O	M		O	M	
Tiempo Combinado									
Tiempo Independiente									
Tiempo Improductivo									
Tiempo Ciclo									
Eficiencia (%)									

Figura 4.37. Tabla resumen del diagrama hombre-máquina. Elaborado por: Autores.

#### **4.5 Diagrama bimanual**

Es diagrama es una representación gráfica que muestra la relación de los movimientos que realiza un operario al llevar a cabo una operación. Por lo general este diagrama es utilizado para estudiar operaciones repetitivas con el propósito de identificar y reducir los movimientos que no son eficientes. Adicionalmente, de acuerdo con Palacios (2016) el diagrama “indica los movimientos detallados de las manos de un trabajador durante cada paso. Y es útil como medio de comunicación del procedimiento y particularmente útil como un auxiliar en el adiestramiento de operarios” (p. 107).

##### **Formato**

Para la construcción de este diagrama se requieren seis columnas en donde dos son usadas para registrar las actividades que realiza cada mano, dos para dibujar el símbolo que representa la actividad correspondiente y dos en donde se anotan los tiempos que emplea cada mano para realizar cada actividad, como se ve en la figura 4.38.

Diagrama No

Hoja No:

De:

Fecha:

ACTIVIDAD

ANALISTA

METODO PRESENTE ☐ METODO PROPUESTO ☐

PUESTO DETRABAJO

RESUMEN

SIMBOLO

PRESENTE

PROPUESTO

GANADO

M.I

M.D

M.I

M.D

M.I

M.D

O

⇒

D

▽

TOTAL

TIEMPO DE CICLO

TIEMPO

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD DE

SIMBOLO

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD DE

TIEMPO

Figura 4.38. Formato de diagrama Bimanual. Elaborado por: Autores.

Símbolos

Los símbolos que se emplean son:



Figura 4.39. Símbolo de Operación en el diagrama Bimanual. Elaborado por: Autores.



Figura 4.40. Símbolo de Transporte en el diagrama Bimanual. Elaborado por: Autores.



Figura 4.41. Símbolo de Espera en el diagrama Bimanual. Elaborado por: Autores.



Figura 4.42. Símbolo de Sostenimiento en el diagrama Bimanual. Elaborado por: Autores.

Conforme a la OIT el símbolo de la Operación se utiliza para representar las acciones de sujetar, utilizar, doblar, etc., una herramienta, pieza o material. El símbolo de Transporte se utiliza para representar el movimiento de la mano hacia el trabajo, herramienta o material, o desde uno de ellos. El símbolo de la Espera se utiliza para representar los momentos en que la mano no realiza ningún tipo de actividad. Y el Sostenimiento se utiliza para indicar la acción de sostener una pieza, herramienta o material con una mano en específico (Kanawaty, 1996).

Encabezado

En el encabezado se ingresa la información que se considere necesaria y un esquema del puesto de trabajo, como se ve en la figura 4.43.

DIAGRAMA BIMANUAL

Diagrama No	Hoja No:	De:	Fecha:							
ACTIVIDAD			ANALISTA							
			METODO PRESENTE <input type="checkbox"/> METODO PROPUESTO <input type="checkbox"/>							
PUESTO DE TRABAJO			RESUMEN							
			SÍMBOLO	PRESENTE		PROPUESTO		GANADO		
				M. I	M. D	M. I	M. D	M. I	M. D	
			○							
			➡							
			D							
			▽							
			TOTAL							
TIEMPO DE CICLO										

Figura 4.43. Encabezado. Elaborado por: Autores.

### Construcción

Inicialmente, se debe diligenciar el encabezado con la información correspondiente. Luego se ingresa el tiempo empleado para una actividad realizada por una mano. Anotando la actividad que realiza una mano a la vez y se coloca el símbolo que representa la operación realizada. Seguidamente se anota en el renglón de al lado la actividad que realiza otra mano en ese momento y con su símbolo respectivo. Finalmente este procedimiento se repite hasta que se registren todas las actividades que llevan a cabo las extremidades en el proceso y se llena la tabla resumen anotando el número total de cada clase de evento y el tiempo total de ciclo.

### Tabla resumen

La tabla resumen corresponde a una relación del número total de actividades por tipo que se realizaron en el proceso y el tiempo total empleado. Las columnas de *propuesto* y *ganado* sólo se llenan con el diagrama propuesto. Y la columna de *ganado* corresponde a la diferencia entre la columna de *presente* y *propuesto*.

RESUMEN						
SIMBOLO	PRESENTE		PROPUESTO		GANADO	
	M. I	M. D	M. I	M. D	M. I	M. D
○						
⇒						
D						
▽						
TOTAL						
TIEMPO DE CICLO						

Figura 4.44. Tabla resumen. Elaborado por: Autores.

En la figura 4.45 se muestra un ejemplo de un diagrama Bimanual.

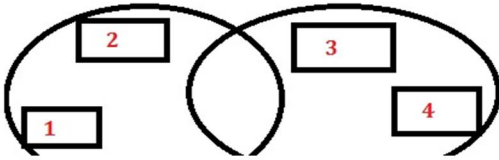
PUESTO DE TRABAJO				RESUMEN						
<div>mano I</div> <div>mano D</div> 				SIMBOLO	PRESENTE		PROPUESTO		GANADO	
					M. I	M. D	M. I	M. D	M. I	M. D
				○	3	7				
				⇒	3	6				
				D	0	2				
				▽	9	0				
				TOTAL		15	15	0	0	0
TIEMPO DE CICLO (SEG)		45								
TIEMPO	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD DE	SIMBOLO		DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD DE	TIEMPO					
SEG	LA MANO IZQUIERDA	M.I.	M.D.	LA MANO DERECHA	SEG					
4	va a deposito terminado	⇒	D	inactiva	4					
1	deja perno en u	○	D	inactiva	1					
4	va a perno	⇒	⇒	va a base	4					
1	selecciona y agarra perno	○	○	selecciona base y la toma	1					
3	acarrea tornillo a posicion de trabajo	⇒	⇒	lleva base a puesto de trabajo	3					
2	coloca perno en posicion para la base	○	○	posiciona	2					
2	sostiene perno	▽	○	ensambla	2					
3	sostiene	▽	⇒	va a tuercas	3					
3	sostiene	▽	○	selecciona tuerca	3					
3	sostiene	▽	⇒	va a puesto de trabajo	3					
5	sostiene	▽	○	enrosca tuerca	5					
3	sostiene	▽	⇒	va a tuercas	3					
3	sostiene	▽	○	selecciona tuerca	3					
3	sostiene	▽	⇒	va a puesto de trabajo	3					
5	sostiene	▽	○	enrosca tuerca segunda tuerca	5					

Figura 4.45. Ejemplo de diagrama Bimanual. Elaborado por: Autores.

## 4.6 Aplicaciones web

Se denomina aplicación web a software o programas que están destinados a ser accedidos por medio de un navegador web y que cuentan con una estructura de cliente/servidor para la gestión de su información.

En su forma más sencilla, las webapps son poco más que un conjunto de archivos de hipertexto vinculados que presentan información con uso de texto y gráficas limitadas. Sin embargo, desde que surgió Web 2.0, las webapps están evolucionando hacia ambientes de cómputo sofisticados que no sólo proveen características aisladas, funciones de cómputo y contenido para el usuario final, sino que también están integradas con bases de datos corporativas y aplicaciones de negocios. (Pressman R. S., 2010, p. 7).

Las aplicaciones web varían en su estructura y funcionamiento van desde simples páginas web hasta herramientas sofisticadas y especializadas como pueden ser Sistema de gestión de contenidos (CMS) o un sistema de gestión de aprendizaje (LMS). Las webapps también poseen características comunes o librerías comunes que ayudan a su desarrollo llamados frameworks que generan estándares e innovación en el campo web.

Dentro de las ventajas que poseen las webapps sobre las aplicaciones de escritorio se encuentran ser más ligeras y versátiles a la hora de instalar, programar y corregir errores, en general debido a su naturaleza multiplataforma y desvinculada, pero esto también acarrea inconvenientes ya sea por problemas de red o menos versatilidad que las aplicaciones de escritorio.

La naturaleza de las webapps permite tener una multitud de lenguajes de programación a la hora de construir una, variando su destino y versatilidad pero en general se destacan por su función en la estructura de cliente/servidor. En esta estructura se aprecian tres niveles, el nivel

superior se encuentra en navegador es decir cliente web, el nivel inferior que se encuentra la base de datos y el intermedio el servidor que sirve de comunicación entre el cliente y la base de datos (Luján, 2001, p. 7). De esto se tienen 3 lenguajes base, para el cliente, el servidor y la base de datos.

Los lenguajes más comunes del lado cliente se encuentran estandarizados por la W3C, en se encuentran el HTML, XML, DOM y CSS, también se encuentra JavaScript dialecto del estándar ECMAScript que permite dinamizar las páginas web. En el lado de servidor se encuentran los lenguajes como PHP, Python, .Net, Java y en la base de datos el Lenguaje Estructurado de Consultas (SQL) en los cuales varia el gestor con el cual interpreta, el cual le puede añadir funciones.

#### **4.7 Lenguaje de marcado de hipertexto (HTML)**

El HTML es un lenguaje de marcado usado en la elaboración de páginas web desarrollado por el W3C, este es derivado del Lenguaje de Marcado Generalizado Estándar (SGML) desarrollado por ISO, que a su vez fue una extensión del Lenguaje de marcado generalizado (GML) un formateador de texto de desarrollados por IBM.

HTML usa un lenguaje de etiquetas para construir páginas web. Estas etiquetas HTML son palabras clave y atributos rodeados de los signos mayor y menor. La mayoría de las etiquetas HTML se utilizan en pares, una etiqueta de apertura y una de cierre, y el contenido se declara entre ellas. En nuestro ejemplo, `<html lang="es">` indica el comienzo del código HTML y `</html>` indica el final (Gauchat, 2012, p 3).

La forma como se visualiza una página web depende en gran manera como es construido o generado su HTML, donde este se puede comportar de manera estática o dinámica dependiendo de las tecnologías o lenguajes usados.



Una página web posee una estructura general en forma de árbol debido al sistema de etiquetas, está conformado por una cabecera (<head>) y un cuerpo (<body>). En el head se coloca propiedades de la página que no se verán en la página como los estilos, script, título o información relacionada con la página en cambio en el cuerpo se colocará toda la información que será apreciada por el usuario al visitar la página. Todas estas características dentro de sus respectivas etiquetas.

La última revisión del estándar de HTML es HTML5 que incorpora revisiones y mejoras para facilitar la construcción de páginas web y mejorar su dinamismo. Dentro de las novedades se destacan la inclusión nativa de audio y video, que requerían de plugins, nuevas etiquetas, mejoras de formularios entre otras. Así como APIs y un diseño de web semántico.

#### **4.7.1 Etiqueta <canvas> o API canvas.**

En HTML5 se incluyeron muchas novedades una de ellas es el lienzo o canvas, por su etiqueta, que tiene la particularidad de ser una herramienta de dibujo que permite la creación de gráficos en mapas de bits.

El elemento canvas provee un lienzo de mapa de bits con funciones, siendo dependiente a la resolución, el cual se puede utilizar para generar gráficos, animaciones, dibujos u otro tipo de imágenes sobre la marcha. Siendo el canvas una representación de un objeto embebido que consiste en una imagen creada dinámicamente, en forma de mapa de bits, si encuentra activo la ejecución de JavaScript y cuenta con soporte del elemento canvas (HTML 5.2, 2017, párr. 1).

Desarrollada con el objetivo de reemplazar la manera como generar gráficos dinámicos en páginas web y eliminar la dependencia de plugins en el HTML5, se creó esta API que permite generar a partir de funciones y métodos por medio del lenguaje de JavaScript, esta permite

procesas imágenes, textos, dibujos, gráficos incluso videos. A su vez permite que estos sean exportados como una imagen.

El objeto generado canvas se aprecia como un espacio rectangular libre, no seleccionable el cual solo se podrá interactuar por medio de código JavaScript previamente cargado en la página. Dentro de la lista de posibilidades de creación que posee para dibujar están trazados de líneas, selección de colores, inserción de objetos ya sea texto, imágenes o videos, también permite interactuar con lo que previamente se dibujó ya sea moviendo, borrando, editando, duplicando, etc. Todo lo anterior limitado solamente por el tamaño asignado al lienzo.

#### **4.8 Pre-Procesador de hipertexto (PHP)**

“PHP (acrónimo recursivo de PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML” (¿Qué es PHP?, s.f.), este se ejecuta en el lado del servidor y envía un documento generado en formato HTML con extensión .php al origen de la petición es decir el cliente.

En lugar de usar muchos comandos para mostrar HTML (...), las páginas de PHP contienen HTML con código incrustado que hace "algo" (...). El código de PHP está encerrado entre las etiquetas especiales de comienzo y final `<?php` y `?>` que permiten entrar y salir del "modo PHP" (¿Qué es PHP?, s.f., párr. 3)

Este lenguaje está orientado a la creación de scripts en el lado del servidor, a su vez posee múltiples funcionalidades como son los formularios, las sesiones y las cookies que permiten hacer seguimiento en la actividad del cliente y brindarle mayor dinamismo a la página. Entre las capacidades de PHP se incluyen la creación de imágenes, ficheros PDF, cualquier tipo de texto. PHP puede autogenerar estos ficheros y guardarlos en el sistema de ficheros en vez de imprimirlos en pantalla. Así como su soporte a bases de datos (¿Qué puede hacer PHP?, s.f.).

## 4.9 JavaScript

Es un lenguaje de programación web basado en objetos que maneja prototipos en lugar de clases, siendo influenciado por lenguajes como Java y C++. Usado ampliamente para generar contenido web dinámico por medio de la manipulación del árbol DOM de las páginas web.

JavaScript es un lenguaje de programación interpretado (un lenguaje de tipo script). A pesar de que existen intérpretes no dependientes de ningún navegador, es un lenguaje de script que suele encontrarse vinculado a páginas web. JavaScript y Java son dos lenguajes de programación distintos con filosofías muy diferentes. El único punto en común es la sintaxis, ya que cuando Netscape diseñó JavaScript, se inspiró en la sintaxis de Java (Mateu, 2004, p. 93).

El desarrollador de JavaScript fue NETSCAPE, siendo sus navegadores los primeros en soportarlo, este fue estandarizado por medio de *European Computer Manufacturers Association* (ECMA), ahora llamada ECMA International, con el nombre de ECMAScript, aun así este poseerá características fuera del estándar debido a su naturaleza en el manejo de APIs (Luján, 2001)

Una de las características más importantes de las páginas web es el dinamismo, es decir su capacidad de personalización y variedad. Se le conoce como HTML dinámico o DHTML, que engloba un conjunto de tecnologías web, siendo un punto clave el DOM (Document Object Model), que define la jerarquía que utiliza JavaScript para acceder a los elementos del HTML.

### 4.9.1 JQuery

En el entorno de desarrollo se encuentran muchas librerías que permiten agilizar el desarrollo de sitios web o de aplicaciones, ya sean para generar más dinamismo o acelerar procesos como son de validación o personalización. JQuery es una de estas librerías, que permite simplificar

muchos comandos y acciones con JavaScript permitiendo automatizar funciones de manera rápida y eficiente siendo una librería muy popular y fácil de aprender (Gauchat, 2012).

#### **4.9.2 Diagramo**

Existen muchas librerías en la web, que en muchas ocasiones posee muchas funcionalidades útiles para determinados proyectos. Uno de los puntos más importantes de la programación es reutilizar código para ahorrar tiempo donde se dice “no debes reinventar la rueda”. Diagramo es una librería de código abierto construida enteramente en HTML5 y JavaScript sobre un servidor PHP, el cual permite la construcción de diagramas simples y exportarlos a imágenes.

#### **4.10 Licencias de código**

En general cuando utilizamos un programa o software, este viene con un contrato o licencia que nos permite usarlo legamente y el alcance que podemos hacer con el mismo, pero es importante recalcar que dichas licencias tienen dos variantes principales que son, de código privativo o de código abierto. Todo esto motivado por los derechos de autor al momento de publicar, ya sea para reconocimiento o efectos legales si se obtiene desde terceros.

Una licencia es “contrato entre el desarrollador de un software sometido a propiedad intelectual y a derechos de autor y el usuario, en el cual se definen con precisión los derechos y deberes de ambas partes” (Labrador, 2005, párr. 1). (Labrador, 2005) Existe una variedad de licencias, aunque muchos términos suenen parecidos no lo son, en general se confunde los términos como son software libre o software de dominio público, cuando en realidad estos son términos o parámetros en la licencia.

## 5. Estado del arte

El desarrollo de una herramienta para la construcción de los diagramas que componen el estudio de métodos supone la integración de tecnologías de las ciencias de la información y comunicación (TIC) en el proceso de aprendizaje de la asignatura de Métodos y Tiempos. En este sentido, y tal como lo mencionó Salinas (2004), la incorporación de las TIC a los de procesos de formación universitarios corresponden a una necesidad, que surge como consecuencia de contextos altamente globalizado e internectado. Por ello, se concibe la idea de “alumno-usuario”. En donde, el estudiante se convierte en un partcipe más dinamico dentro del proceso de educación debido a que con la ayuda de las TIC se autimatiza, dinamiza, registra y posibilita varias instancias del proceso formativo. De modo, se espera que el software represente una mejora significativa en el conjunto de actividades que propenden al alcance de los objetivos de la asignatura.

De igual forma, autores proponen a los “software no como una herramienta de aprendizaje, sino como una herramienta de apoyo a la enseñanza” (Hinostroza, Heep, Mellar, Preston, & Rehbein, 1997, p. 57). Lo que implicó la necesidad de estudiar, considerar e innovar las posibilidades y los roles de la tecnología en el contexto educativo. En este sentido, existen varios ejemplos de la implementación de software en el proceso educativo que innovan en diferentes ambitos, tales como la organización escolar, enseñanza, aprendizaje del alumnado o la profesional docente.

Un ejemplo de la integración de software es descrito por Susana Abrate & Pochulu (2005), en donde concluye que “los rasgos educativos más valiosos de la utilización del software educativo en la enseñanza y aprendizaje de la matemática son la interactividad y las posibilidades de animación – simulación” (p. 22). Sin embargo, esto representó modificar

algunas practicas docentes y ampliar el acceso de los sistemas de información a los usuarios (profesores y estudiantes).

Adicionalmente, al analizar varias integraciones de TIC en la pedagogia Area (2010) concluye que “las TIC se adaptan, en mayor o menor grado, al modelo pedagógico habitualmente desarrollado por cada profesor. Dependiendo de la formación y concepciones/actitudes del docente hacia la enseñanza y el aprendizaje se van incorporando poco a poco innovaciones pedagógicas con las TIC adaptándolas a la metodología que desarrolla” (p. 94) Debido a que encontró que las TIC eran utilizadas en su mayoría como un recurso añadido dentro del proceso de formación y no en el centro de proceso de aprendizaje o un “catalizador de innovación pedagógica”.

Sin embargo, la implementación de las TIC en el proceso de aprendizaje de la asignatura de métodos y tiempos deja cuestiones relevantes para resolver. Tales como, desarrollar nuevas estrategias pedagógicas efectivas para la formación de los estudiantes de ingeniería industrial, fomentar la participación multilateral entre los involucrados, incorporar el uso de la herramienta en los planes de estudio, medir y evaluar los resultados del aprendizaje, etc.

Por otro lado, en la búsqueda de herramientas que permitieran el desarrollo y creación de diagramas para métodos y tiempos, se encontró que los estudiantes de Ingeniería Industrial elegían las herramientas más prácticas para el desarrollo de los diagramas, pero no siempre las más eficientes, pasando por alto errores en los diagramas. En el mercado se encontraron varias herramientas destinadas a la creación de diagramas, pero ninguna respondía de forma satisfactoria las necesidades del usuario al momento de construir los diagramas de métodos. Tal como se detallan a continuación:

### **Microsoft Visio<sup>3</sup>**

Microsoft Visio es un variado paquete de diagrama, gráfico y diseño integrado al compendio de herramientas de Microsoft Office. Siendo más eficiente el desarrollo de que Excel, Power Point, Photoshop o Illustrator para visualizar, construir y analizar diferentes tipos de procesos y sistemas bastante complejos. Permitiendo a sus usuarios lo toma de decisiones. (Microsoft, 2006).

Dentro de las ventajas que esta herramienta posee se encuentran:

- Permite conectar y/o unir diagramas con datos previamente almacenados en varios sistemas para poder analizar, editar y estudiar información compleja de forma fácil.
- Posee una amplia variedad de plantillas, formas y herramientas especializadas que permite a sus usuarios la creación y documentación de una infinidad de diagramas empresariales y técnicos.
- Brinda el acceso a información actualizada cuando se utiliza la actualización de datos programada.

Aunque Visio les permite a sus usuarios la posibilidad de construir, diseñar y diferentes tipos de diagramas, esta herramienta con respecto al Estudio de Métodos y Tiempos presenta las siguientes desventajas:

- No permite el desarrollo de los cálculos de forma automática de las métricas correspondientes a cada diagrama (Bimanual, Recorrido, hombre-máquina, Sinóptico y Analítico de procesos, etc.).
- Sus plantillas no se encuentran diseñadas bajo los estándares internacionales de la OIT.
- Centra al usuario en la presentación estética del diagrama conforme a los estándares y no en su análisis y mejora.

---

<sup>3</sup> <https://products.office.com/es-co/visio/flowchart-software>

### **Rockwell Arena<sup>4</sup>**

El software Arena es un sistema que brinda a sus usuarios un ambiente integrado para desarrollar modelos de simulación en una gran variedad de campos. Incorporando herramientas y comandos de animaciones, análisis de entrada y salida de datos y verificación de modelos en una plataforma muy fácil de utilizar. (Fábregas Ariza, Wadnipar Rojas, Paternina, & Mancilla, 2003).

La utilización de este software posee las siguientes ventajas:

- Su interface es muy amigable con los usuarios, facilitando su utilización incluso para quienes no poseen altos conocimiento en programación.
- Posee alta capacidad gráfica.
- Permite modelar cualquier tipo de proceso desde la línea de espera de un cajero de un banco hasta el proceso completo de producción de una empresa manufacturera.
- Finalmente es compatible con Microsoft Office.

No obstante, esta herramienta denota las siguientes desventajas:

- La versión gratuita disponible para los estudiantes tiene muchas limitaciones.
- Existe dificultad en ejecutar un modelo de Arena en otros programas de simulación.
- La bibliografía para el estudio y uso de este sistema es muy poca y no es muy precisa.

### **Axure Workflow<sup>5</sup>**

El software de diagrama de flujo Axure permite la comunicación entre distintos procesos, abarcando casos de uso, flujos de página y procesos de negocio; incluso la creación de diagramas del sistema diseñado es posible mediante Axure RP. Para poder crear un diagrama de flujo a través de esta herramienta es necesario agregar una de las múltiples formas que posee, dibujar

---

<sup>4</sup> <https://www.arenasimulation.com/>

<sup>5</sup> <http://www.axure.com/>



líneas conectoras para generar el flujo y adicionar formato tanto a las líneas conectoras como a las formas.

Se pueden agregar algunas características al diseño, como la adición de texto a las formas y conectores con el fin de dar una mayor descripción de los distintos escenarios o decisiones y en el caso del formato, el software brinda variedad de opciones que mejoran la presentación del diseño.

Si bien permite la creación de diagramas su estructura y modelo se enfocan al wireframe, es decir permite la construcción y elaboración visual de la estructura de un sitio web, ofreciendo la posibilidad de hacer diagramas a partir del mismo para mostrar la jerarquía u organigrama del mismo.

### **Draw.io<sup>6</sup>**

Es una aplicación web que permite crear diagramas en un entorno web de manera cómoda y ágil, posee una larga colección de figuras, así como permitir la carga de imágenes. Es una aplicación completamente gratuita y accesible, sin la necesidad de registro o iniciar sesión, posee muchas características como son el guardado del diagrama, así como asistencias visuales al momento de diseñar un diagrama.

Está basado en el estándar HTML5, manejado la creación de los diagramas a partir de eventos por JavaScript y el dibujado de las figuras por medio de las imágenes SVG, permite su guardado directamente en Google Drive o tecnologías similares o como XML en el computador y su exportado a un variado número de imágenes.

---

<sup>6</sup> <https://www.draw.io/>

**Gliffy<sup>7</sup>**

Es una aplicación web que permite crear diagramas de flujo, redes, UML, BPM entre otros, entre sus requisitos se encuentra una suscripción para su uso que van desde una versión de prueba hasta una versión empresarial, posee características notables como el entorno empresarial, control de versiones, trabajo colaborativo, compartir diagramas, importación y exportación de los mismo en servidores de almacenaje online.

Aunque es una herramienta muy completa la versión de prueba solo ofrece una duración de 15 días, su tecnología está basada en HTML5 para el manejo de las figuras y características de edición, mientras que la apariencia de las figuras está basada en canvas internos dentro de la misma.

---

<sup>7</sup> <https://www.gliffy.com/>

## 6. Metodología

Para alcanzar los objetivos trazados del proyecto y conforme al tipo de fuentes, la naturaleza de los datos utilizados y el tipo de investigación la metodología utilizada es de tipo bibliográfica, cualitativa y aplicada respectivamente debido a que la investigación se llevó a cabo utilizando como base la búsqueda, recopilación y revisión bibliográfica acerca del problema; A través de los datos utilizados se pretende caracterizar las necesidades de los usuarios finales de la herramienta. Finalmente pretende desarrollar y presentar una herramienta que resuelva un problema real de los estudiantes de ingeniería industrial en el aprendizaje de la asignatura de métodos y tiempos.

En este sentido, para el desarrollo del proyecto se inició con realizando una revisión del marco conceptual acerca de la construcción de los diagramas Sinóptico y Analítico de procesos, Recorrido, Bimanual, Hombre-Máquina bajo los estándares internacionales de la OIT. Adicionalmente, se desarrolló la medición de las necesidades que tienen los estudiantes al momento de construir un diagrama en el estudio de métodos se realizó una encuesta a los estudiantes del programa del programa de Ingeniería Industrial que hayan cursado de forma exitosa la asignatura de Métodos y Tiempos, sobre sus experiencias usando las herramientas que tenían disponible para desarrollar un diagrama; haciendo uso de técnicas de muestreo inferencial y técnicas descriptivas para el procesamiento y análisis de los datos. En las que se incluye, el desarrollo del plan de muestreo e aplicación las encuestas para medir las variables de interés, tal como se ve en el anexo 2. Todo esto con el fin de recopilar y establecer las limitaciones del software, las especiaciones o requisitos específicos, requisitos funcionales y no funcionales entre otras variables, etc.

Seguidamente, a partir de los requisitos se genera la arquitectura del software, donde se definen los componentes o arquitectura del mismo. Lo que fue realizado a través del proceso IWeb (Pressman R. S., 2002), el cual es un proceso de software incremental y evolutivo para el desarrollo de sistemas y aplicaciones basadas en Web denominados webapps. Del cual se aplicaron para el desarrollo de la herramienta se las siguientes actividades para el ciclo del desarrollo de software, conforme a la metodología propuesta por Franco (2012):

- **Formulación:** establece los requerimientos del primer ciclo o incremento del software.
- **Planificación:** se determinan las posibles complicaciones en la fase y tiempo de misma.
- **Análisis:** se enlistan las características a nivel técnicos y gráficos, así como los nuevos elementos que se han de integrar o implementar en este ciclo.
- **Ingeniería:** esta actividad tiene como objetivo la de diseñar y generar los nuevos contenidos o en su caso adquirirlos, así como la arquitectura y la navegación.
- **Generación de páginas:** se elabora las páginas a partir de los objetivos y elementos definidos previamente, integrando lo definido previamente.
- **Pruebas:** se busca determinar si existen errores en la lógica de las páginas generadas.
- **Evaluación del cliente:** en este punto el cliente revisa el progreso y solicita cambios si es necesario iniciando de nuevo el ciclo de retroalimentación.

Finalmente, se realizarán pruebas de la herramienta informática con los usuarios finales, es decir, se diseñará y aplicará la herramienta (encuesta) para la medición del grado en que el software se ajusta a las necesidades de los estudiantes de ingeniería industrial. Además de la recolección nuevamente de los requerimientos de parte de los estudiantes para la realización de los ajustes a la herramienta informática.

## **7. Desarrollo de la investigación**

Partiendo de la necesidad de una herramienta computacional para los estudiantes de la asignatura de métodos y tiempos de la Universidad de la Costa, se desarrolló DiagraMet, la cual permite agilizar el desarrollo e implementación de los diagramas usados en la asignatura (Jimenez-Barros, y otros, 2017).

Por ello, con el objetivo de diagnosticar los requisitos de la herramienta se realizaron recolección de datos por medio de encuestas y cuestionarios sobre que inconvenientes y problemas surgían al momento de construir un diagrama en el estudio de Métodos y Tiempos y sobre sus experiencias usando herramientas que usaban para desarrollar un diagrama. A partir de ellos se realizaron las observaciones y anotaciones, como se aprecian en los anexos 1 y 2, para iniciar el ciclo de desarrollo de la herramienta llamada DiagraMet.

Gran parte de la información estructural de la herramienta fue obtenida de manera teórica a partir de la asignatura, como se describe en el marco teórico, en cuanto a la funcionalidad y ajustes fue obtenido mediante la retroalimentación a partir de las encuestas y correcciones en el ciclo por los profesores y su aspecto fue dado según se sugería por los profesores y el desarrollo.

### **7.1 Diseño**

Para realizar el diseño de la herramienta computacional, se definió que esta debería ser un soporte tecnológico para los estudiantes de ingeniería industrial en la asignatura de métodos y tiempos, teniendo en cuenta todas las características y estándares que se dictan en la asignatura. Muchas de sus funciones y características están enfocadas a tablas y diagramas lo que requería un entorno gráfico y de cálculo, normalmente se utilizarán programas de terceros no especializados en realización de dichos diagramas lo que generaba retraso.

### 7.1.1 Requisitos.

Al momento de diseñar la aplicación se tiene en cuenta que debe poder ser ejecutada en un ambiente multiplataforma, es decir que pueda utilizarse en diversos sistemas o entornos sin restricciones, así como permitir la creación de todos los diagramas, permitir su exportación y revisión por parte de los profesores e impedir la copia directa.

Una vez definidos los puntos generales del sistema se dio la tarea de obtener los requisitos del sistema a través de diversas fuentes, se obtuvo la información teórica a partir de los documentos y libros que abordaban los temas, seguido se preguntó a los profesores las características que deseaban y que fueran más importante para el desarrollo de la herramienta.

Dentro de los requisitos se destacan los siguientes:

- Entorno multiplataforma y de fácil instalación.
- Las librerías que usadas en el programa debían ser gratuitas.
- Diseño ágil, eficiente, Dinámico e intuitivo.
- Creación dinámica de los diagramas.
- Implementar cada uno de los cinco diagramas, Analítico, Sinóptico, Recorrido, Bimanual y Hombre-Máquina.
- Creación automática de funciones predeterminadas.
- Implementar las figuras o tablas respectivas de cada diagrama.
- Implementar funciones especiales de cada diagrama.
- Generar automáticamente la cabecera de los diagramas y su llenado automático con la información suministrada al momento de construir el diagrama.
- Implementará las características de distancia y tiempo.
- Permitir exportar fácilmente el diagrama terminado.

- Acelerar considerablemente el desarrollo de los diagramas.
- Implementar las características empleadas en la clase de métodos y tiempos

Estos fueron los requisitos a tener en cuenta al momento de desarrollar la herramienta, los cuales en su momento fueron los primeros de la que seguirían de una serie de correcciones y ajustes debido a las retroalimentaciones.

### **7.1.2 Análisis de requisitos**

Para desarrollar la aplicación propuesta, se deben analizar los requisitos y determinar cuáles son funcionales y no funcionales, los cuales definirían el impacto en mayor o menor medida al momento de desarrollar la aplicación.

Inicialmente se precisa un entorno de trabajo el cual debe contener una sección para los diagramas y las tablas de contenido dinámico para las cabeceras, entre ellas sumaron 10 y cada una contaría con sus propias características, pudiendo ser compartidas con las otras. Al momento de elegir el entorno de desarrollo, a la vez que el lenguaje, fue que debía ser multiplataforma y de fácil acceso, esto llevó elección de una aplicación web, para explotar las nuevas características del HTML5.

Una vez se decidió que iba a ser una aplicación web se procedió a determinar qué características se podrían reutilizar de librerías o aplicaciones existentes para acelerar el proceso de desarrollo, la principal característica buscada es la capacidad de crear dinámicamente diagramas. Durante la exploración se encontró la aplicación de Diagramo, siendo esta de código abierto, poseía las características buscadas junto con un entorno de edición ideal para desarrollar la aplicación.

Se procedió a analizar cada uno de los diagramas por separado, se determinaron las características individuales y las compartidas, todos tienen cabecera, tres tienen propiedades de

diagrama con juego de figuras, los otros dos tienen propiedades de tablas; los diagramas Analítico y Sinóptico comparten las funciones especiales, el diagrama de Recorrido y Bimanual manejan carga de imágenes, el diagrama de Recorrido tiene funciones de arrastrar y soltar y el Hombre-Máquina debe generar sus tablas dinámicamente.

Dentro de las funciones automáticas se encuentran la creación de figuras y conectores de forma ordenada, las cabeceras se deben llenar de manera automática a partir de los datos suministrados al realizar acciones según su diagrama, realizando cálculos a partir de las propiedades de distancia y tiempo que se agreguen en el diagrama.

Entre las características del sistema Diagramo se encuentran el sistema de arrastre y soltar para el diagrama el Recorrido, la creación dinámica de figuras, de conectores y sus interacciones, posee un lienzo basado en canvas, una librería propia para exportar y guardar los diagramas creados. También posee la estructura base de una aplicación de escritorio basada en paneles y barras con las herramientas necesarias.

## **7.2 Desarrollo de software realizado**

Una vez definidos todos los requisitos, se procedió a ajustar la plataforma a partir de la aplicación Diagramo con el fin de preparar la base sobre la cual se iniciaría el desarrollo se solicitaban las funcionalidades identificadas en cada iteración, se desactivaron las funciones innecesarias y agregaron funciones de automatización, para dar inicio a la metodología IWeb, que posee características de un modelo evolutivo e iterativo.

### **7.2.1 Desarrollo evolutivo por metodología IWeb.**

Se inició el desarrollo y se procedió a tomar la primera adaptación como el primer ciclo en la metodología. Donde cada iteración o ciclo se agregan funcionalidades y se corrigen



características según la retroalimentación por parte del cliente en cada nuevo ciclo, en este caso los tutores del proyecto.

### **7.2.2 Ajustes por iteración.**

Para el desarrollo de la aplicación se aplica el sistema de versionamiento a partir de cada iteración, tomado como versiones menores cada función añadida. La versión Alfa serían los primeros ajustes y preparaciones de la plataforma a partir de Diagramo. A su vez cada iteración se tomara como un ajuste mayor según el versionamiento.

#### **Primera iteración (versión 1.0).**

Se solicita una prueba inicial de la funcionalidad del sistema y se elige las funciones especiales del diagrama Analítico como primer desarrollo.

- Se adapta generación automática de figuras y conectores con un clic.
- Se inicia el desarrollo del diagrama Analítico.
- Se crean el conjunto de figuras del diagrama Analítico.
- Se crea numeración automática de figuras.
- Se crea un panel izquierdo nuevo para las opciones especiales.
- Se crean la primera versión de las funciones especiales entrada, salida, reproceso, repetición y opciones de trayecto.
- Se crea ajuste automático de los conectores.
- Se agrega función de crecimiento automático al lienzo.

#### **Segunda iteración (versión 1.1)**

Se solicita la creación de un panel para la selección del tipo de diagramas a trabajar y la implementación de los diagramas Sinóptico y de Recorrido. Se decidió utilizar sólo un canvas.

- Se crean la sección de paneles de encabezado y diagrama.
- Se añade encabezado de Analítico, Sinóptico y Recorrido.
- Se crea juego de figuras de Sinóptico y Recorrido.
- Se crean las propiedades de distancia y tiempo.
- Se crea panel de insertar figura.
- Se reajusta apariencia del Editor, corrigiendo su HTML y CSS.
- Se corrige la carga de librerías.
- Se corrigen las funciones especiales en Analítico y Sinóptico.
- Correcciones menores.

### **Tercera iteración (versión 1.2)**

Se solicita la implementación de los diagramas Bimanual y Hombre-Máquina.

- Se añaden los encabezados de Bimanual y Hombre-Máquina.
- Se implementa la sección de tablas.
- Se añade de función de ajuste visual según el diagrama.
- Se añade ajuste visual la sección de tablas.
- Se añaden las tablas de Bimanual y Hombre-Máquina.
- Se crea panel de formulario para de Bimanual.
- Se crean métodos para agregar filas en la tabla de Bimanual.
- Se crea panel de creación dinámica de tabla Hombre-Máquina.
- Se crea panel Dinámico de actores en Hombre-Máquina.

- Se crea métodos para la generación dinámica de la cabecera, cuerpo y paneles en las tablas de Hombre-Máquina.
- Correcciones a métodos especiales Analítico y Sinóptico.
- Correcciones menores.

#### **Cuarta iteración (versión 1.3).**

Se solicita la creación de nuevas funcionalidades y el llenado automático de las cabeceras.

- Se añade la funcionalidad de llenado automático de la cabecera en todos los diagramas.
- Se añade de la funcionalidad de historial y deshacer.
- Se añade la funcionalidad de leyenda en las figuras de los diagramas, que muestran su distancia y tiempo si la poseen.
- Correcciones en las cabeceras, añadido agregar figura en cabecera de Bimanual.
- Correcciones de funciones especiales.
- Correcciones visuales de las figuras.
- Correcciones menores.

#### **Quinta iteración (versión 1.4)**

Se solicitaron correcciones de funcionalidad y apariencia, también se solicitó la creación de la funcionalidad de impresión y generación de PDF. Se estudiaron las primeras solicitudes por parte de estudiantes.

- Se agregó la funcionalidad de imprimir los diagramas.
- Se corrigió la estructura interna del Editor.

- Se creó plantilla de impresión.
- Se agregó gestor de unidades de medida
- Se desactivó el inicio de sesión para subir imágenes.
- Se desactivó la necesidad de instalación.
- Se actualizó el mecanismo de subida de imágenes.
- Se desactivaron limitaciones en las funciones especiales.
- Se actualizaron los métodos de repetición y opciones de trayecto
- Se agregó documentación interna las funciones.
- Se actualizó el método deshacer.
- Se implementó versión básica de generación de PDF.
- Correcciones menores.

### **Sexta iteración (versión 1.5)**

Se estudiaron e implementaron las solicitudes de los alumnos en las pruebas.

- Se creó la funcionalidad de insertar y eliminar para los diagramas Analítico y Sinóptico.
- Se desactivó mover figuras en los diagramas Analítico y Sinóptico.
- Se creó sistema de gestión lineal de las figuras creadas.
- Se creó sistema de gestión lineal de conectores creados.
- Se creó sistema interno para los movimientos de las funciones de insertar o eliminar.
- Se creó método para re numeración de las figuras.
- Se actualización la función deshacer.
- Se creó la función redibujado de conectores.

- Se actualizó la función de opciones de trayecto.
- Se reconstruye el funcionamiento de la función repetición.
- Se agregó texto de leyenda en conectores.
- Se actualizó la versión de la función de generación de PDF.
- Se agregó documentación a los nuevos métodos.
- Correcciones menores.
- Se agregó manual de usuario y acerca de.

### 7.2.3 Herramienta desarrollada.

A partir de las iteraciones se obtiene una herramienta estable, la cual se describe el funcionamiento de cada una de las características en el manual del anexo; a continuación, se describirá los resultados obtenidos con la herramienta en cada una de sus partes.

La aplicación posee una estructura de editor estándar con un panel el derecho, izquierdo y una barra superior, así como un espacio de desarrollo en el centro el cual posee dos secciones una para las cabeceras y otro para los diagramas y tablas, como se ve en la figura 7.1.

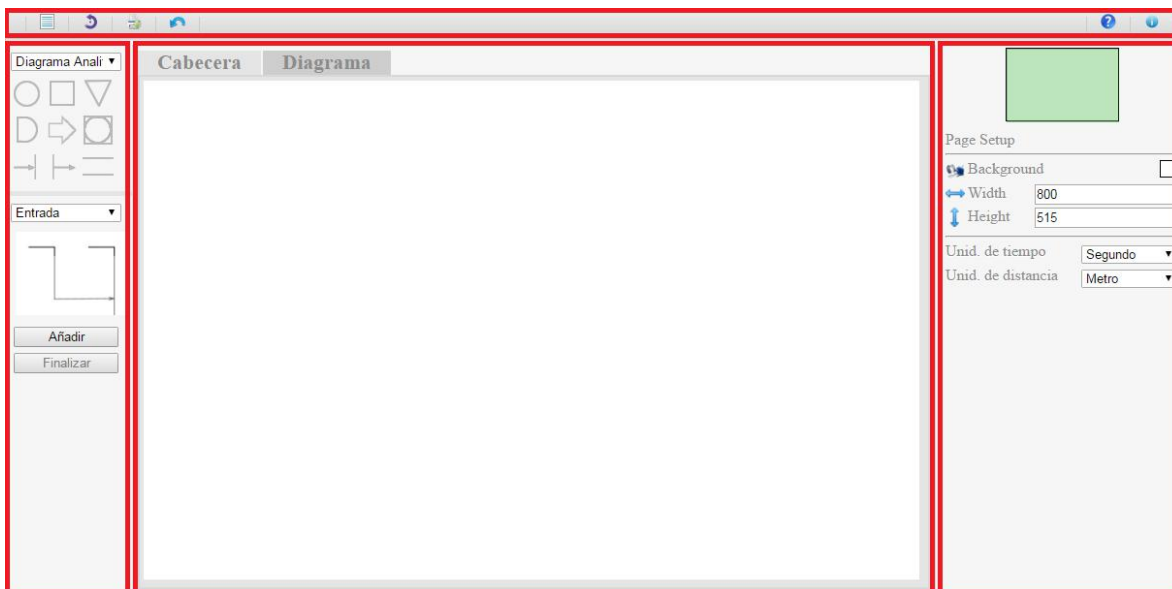


Figura 7.1. Vista general del editor y sus secciones. Fuente: DiagramMet

El panel derecho posee la sección del mini mapa, el cual proporciona una vista general de todo diagrama en construcción; la sección las unidades de medidas, la cual permite configurar el tipo de unidades que se usaran; y las sección de propiedades configurables, que permite agregar información y detalles visuales a las figuras u objetos del diagrama. Este panel solo es visible en tres de los cinco diagramas, ya que solo tiene función para el lienzo, como se ve en la figura 7.2.

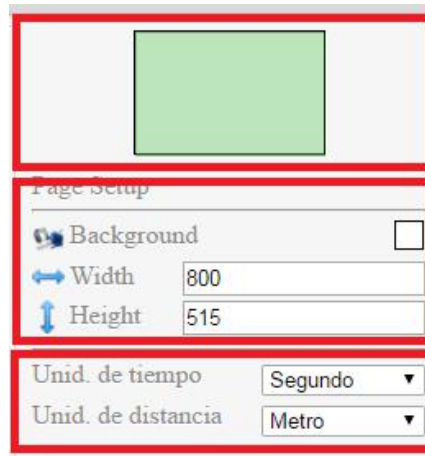


Figura 7.2. Secciones del panel derecho. Fuente: DiagraMet

El panel superior, o barra superior, posee un juego de botones que permite interactuar con el diagrama. Este juego de botones se expande cuando se está editando el diagrama de Recorrido agregándole funciones de grillado, manipulación de profundidad, creación de conectores y comentarios. Los botones permanentes en todos los diagramas son, crear un nuevo diagrama, refrescar cabecera, imprimir y deshacer, como se ve en la figura 7.3.

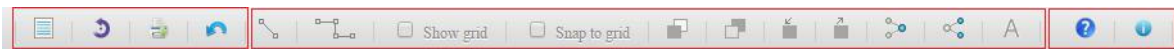


Figura 7.3. Panel superior y sus secciones. Fuente: DiagraMet

El panel izquierdo posee la sección de selección de diagrama debajo de la cual se cargan los paneles correspondientes de cada diagrama junto con su respectiva cabecera; los diagramas Analítico y Sinóptico cargan el panel de figuras especiales además del propio juego de figuras, el

diagrama de Recorrido, además de su juego de figuras, carga el panel de insertar figura, como se ve en la figura 7.4.



Figura 7.4. Juego de figuras por diagrama y panel de carga de imágenes. Fuente: DiagraMet

El panel de funciones especiales que se encuentra disponible los diagramas Sinóptico y Analítico, permite la inserción de funciones especiales en los lienzo de dichos diagramas, las funciones que posee son línea de entrada, línea de salida, repetición, reproceso y opciones de trayecto. Estas funciones permiten generar nuevas instancias fuera del recorrido lineal prediseñado, como se ve en la figura 7.5.

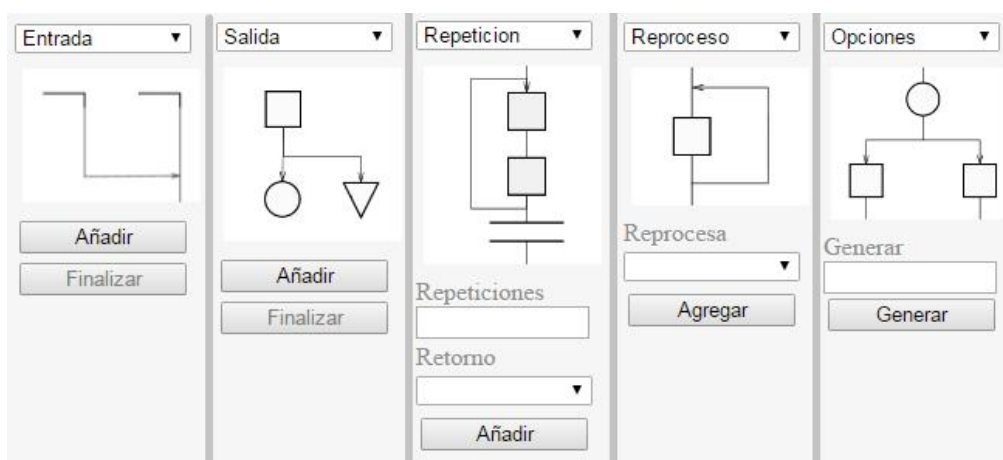


Figura 7.5. Panel de figuras especiales. Fuente: DiagraMet

Cada una de las cabeceras cuenta con la función de elegir el tratamiento dado al diagrama realizado, si es el presente o el propuesto, donde se calcula de manera automática cuanto se gana o se pierde según los datos suministrados del modelo faltante. Los datos obtenidos para el método escogido se toman de la información suministrada por los objetos presentes en lienzo o en la tabla. Por defecto se utiliza el método presente, como se ve en las figuras 7.6, 7.7y 7.8.

Carta No:		Hoja No:		De:		Metodo Presente <input checked="" type="radio"/>	Metodo Propuesto <input type="radio"/>
Material		Resumen					
		Actividad	Presente	Propuesto	Ganado		
Actividad:		Operacion <input type="radio"/>	0	0	0		
		Transporte <input type="radio"/>	0	0	0		
		Demora <input type="radio"/>	0	0	0		
		Inspeccion <input type="radio"/>	0	0	0		
Ubicacion:		Almacenaje <input type="radio"/>	0	0	0		
		Combinada <input type="radio"/>	0	0	0		
Analista:		Total actividades	0	0	0		
		Distancia T. M	0	0	0		
Fecha:		Tiempo T. Seg	0	0	0		

Figura 7.6. Cabecera del diagrama Analítico. Fuente: DiagraMet

Diagrama No:		Hoja No:		De:	
Fecha:		Presente <input checked="" type="radio"/>	Propuesto <input type="radio"/>	Resumen	
Actividad		Actividad	Presente	Propuesto	Ganado
		Operacion <input type="radio"/>	0	0	0
		Inspeccion <input type="radio"/>	0	0	0
		Combinada <input type="radio"/>	0	0	0
Analista:		Total actividades	0	0	0
Fecha:		Tiempo T. Seg	0	0	0

Figura 7.7. Cabecera del diagrama Sinóptico. Fuente: DiagraMet

Diagrama No:		Hoja No:		De:		Analista:			
Actividad:		Metodo Presente <input checked="" type="radio"/>	Metodo Propuesto <input type="radio"/>	Resumen					
		Actividad	Presente	Propuesto	Ganado				
		Operacion	0	0	0				
		Transporte	0	0	0				
		Demora	0	0	0				
		Inspeccion	0	0	0				
		Almacenaje	0	0	0				
		Combinada	0	0	0				
		Total actividades	0	0	0				
		Distancia T. M	0	0	0				
Ubicacion:		Escala: 1:		Fecha:		Tiempo T. Seg	0	0	0

Figura 7.8. Cabecera del diagrama de Recorrido. Fuente: DiagraMet



Los diagramas Bimanual y Hombre-Máquina alteran la sección de diagrama y la reemplazan por la sección de tabla, también ocultan el panel derecho. El diagrama Bimanual carga su panel de inserción de datos, la cabecera tiene la posibilidad de insertar una figura en ella y manejar las unidades de medida con un selector, como se ve en la figura 7.9.

Diagrama Bimanual

Cabecera Tabla

Diagrama No: Hoja No: De: Fecha: Analista: Metodo Presente (selected) Metodo Propuesto

Actividad: Puesto de trabajo

Simbolo Presente Propuesto Ganado

	MI	MD	MI	MD	MI	MD
Operacion						
Transporte						
Demora						
Sostenimiento						
Total						

T. del ciclo seg

Figura 7.9. Cabecera de Bimanual con secciones nuevas. Fuente: DiagraMet

El diagrama Hombre-Máquina carga un primer panel que permite definir el número de actores implicados en él (operarios y máquinas, mínimo uno de cada uno), a partir de los cuales genera el resto de la cabecera, los paneles de inserción de datos para cada actor, los cuales son encapsulados en un selector y forma la base de la tabla. También posee el gestor de unidades medida en la cabecera, como se ve en la figura 7.10.

Diagrama Hombre-Máquina

Cabecera Tabla

Diagrama No: Hoja No: De: Fecha: Analista: Metodo Presente (selected) Metodo Propuesto

Producto: Actividad: Maquina(s): Velocidad: Avance: Fecha: Eficiencia(%)

Numero de Operarios 1 Numero de Maquinas 1 Generar Deshacer

Operario 1 Operario 1 Escala de tiempo Descripcion Tipo tiempo Independiente Agregar

Resumen

	Presente		Propuesto		Ganado	
	O1	M1	O1	M1	O1	M1
Tiempo Combinado	0	0	0	0	0	0
Tiempo Independiente	0	0	0	0	0	0
Tiempo Improductivo	0	0	0	0	0	0
T. de ciclo Seg	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0

Figura 7.10. Diagrama Hombre-Máquina con secciones nuevas y generadas resaltadas. Fuente: DiagraMet

El sistema de carga de imágenes genera un cuadro de dialogo, el cual permite elegir entre tres opciones, que determina la manera que se usara para subir las imágenes en la herramienta,

las opciones para subir son desde un servidor externo, el mismo computador o reutilizar una ya existen, como se ve en la figura 7.11.



Figura 7.11. Cuadro de dialogo de carga de imágenes. Fuente: DiagraMet

Las tablas de Bimanual y Hombre-Máquina a diferencia de las tres primeras no poseen un lienzo en blanco como base, sino que posee una tabla base como estructura inicial. Sobre la cual se van insertando los datos ingresados por medio del panel izquierdo respectivo. El Bimanual posee la posibilidad de editar y eliminar las filas ingresadas por medio de botones en la sección derecha de la tabla. Este es el único diagrama con la posibilidad de modificación directa y que no posee deshacer, como se ve en la figura 7.12.

Tiempo	Descrpcion de la actividad de	Simbolo		Descrpcion de la actividad de	Tiempo	Opciones
Seg	Mano izquierda	MI	MD	Mano derecha	Seg	
5	Operacion 1	Operacion	Operacion	Sotenimiento 1	5	GuardarBorrar
5	Operacion 2			Operacion 1	5	EditarBorrar
10	Demora 1			Trasporte 1	10	EditarBorrar

Figura 7.12. Tabla del diagrama Bimanual en modo de edición. Fuente: DiagraMet

La tabla de base de para el Hombre-Máquina, así como la sección de resumen en la cabecera, no existen hasta que se generan los actores implicados. La naturaleza de la tabla tiende a generar columnas en vez de filas, estando limitadas al tiempo asignado a cada columna de izquierda a derecha, donde el tiempo de la anterior columna no debe ser menor sobre la cual se va a ingresar, como se ve en la figura 7.13.

Escala de tiempo en seg	Operario 1	Escala de tiempo en seg	Operario 2	Escala de tiempo en seg	Maquina 1
10	Tiempo combinado	5	Tiempo Independiente	8	Tiempo Independiente
		5	Tiempo Inactivo		

Figura 7.13. Tabla del diagrama Hombre-Máquina con tres actores. Fuente: DiagraMet

Todos los diagramas poseen la función de ser impresos, estos son separados del editor y llevados a una plantilla donde se fusiona tanto diagrama creado con la respectiva cabecera y eliminando todo rastro del editor, la plantilla posee el escudo, el título del diagrama y un código de generación que indica el momento que fue creado. En el navegador de Google Chrome permite por defecto al imprimir el diagrama guardarlo como PDF. En el caso del diagrama de Hombre-Máquina es necesario activar la opción de gráficos de fondo para que estos se vean reflejados correctamente, como se ve en la figura 7.14.


 <b>FACULTAD DE INGENIERIAS</b> <b>PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL</b> <b>DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA</b>																	
Diagrama No:			Hoja No:			De:			Resumen								
Producto:			Metodo Presente <input checked="" type="radio"/> Metodo Propuesto <input type="radio"/>			Presente		Propuesto		Ganado							
						O1	O2	M1	O1	O2	M1	O1	O2	M1			
Actividad:			Tiempo Combinado			10	0	0	0	0	0	10	0	0			
			Tiempo Independiente			0	5	8	0	0	0	0	5	8			
Maquina(s):			Tiempo Improductivo			0	5	0	0	0	0	5	0				
Velocidad:			Avance:			T. de ciclo [Seg ▼]			10	10	8	0	0	0	10	10	8
Analista:			Fecha:			Eficiencia(%)			100	50	100	0	0	0	100	50	100
Escala de tiempo en seg	Operario 1		Escala de tiempo en seg	Operario 2		Escala de tiempo en seg	Maquina 1										
10	Tiempo combinado		5	Tiempo Independiente		8	Tiempo Independiente										
			5	Tiempo Inactivo													

Figura 7.14. Plantilla de impresión generada a partir de un diagrama de hombre-máquina. Fuente: DiagraMet

Dentro de las funciones de edición permitidas en el lienzo se hayan deshacer, crear y eliminar figura, insertar solo disponibles en los diagramas de Analítico y Sinóptico debido a su naturaleza rígida lineal; agrupar solo está disponible para el diagrama de Recorrido. La característica de mover está disponible en todos tres, pero no cumple una función más allá de la estética fuera del de diagrama de Recorrido.

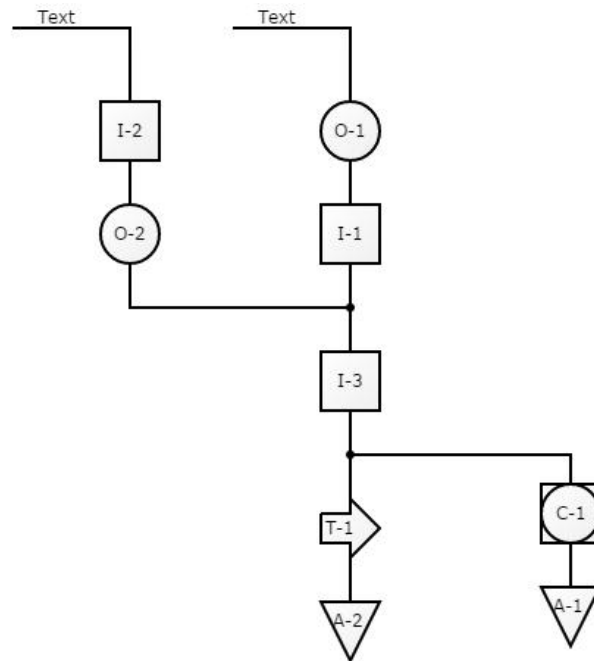


Figura 7.15. Ejemplo de diagrama Analítico con funciones de entrada y salida. Fuente: DiagraMet

A partir de la herramienta obtenida, a la cual se le dio el nombre de DiagraMet, se obtuvo después de todo su proceso de desarrollo el siguiente diagrama de casos de usos, basado en la interacción del usuario con la herramienta.

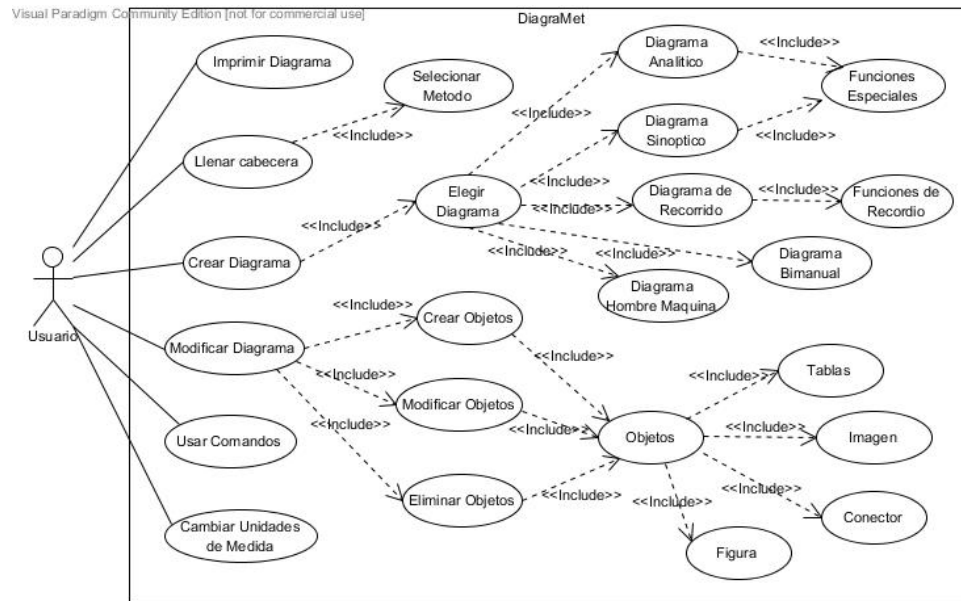


Figura 7.16. Diagrama de casos de uso del sistema DiagramaMet. Elaborado por: Autores.

### 7.3 Resultados

Finalizado el proceso de desarrollo del software se realizaron pruebas con 162 estudiantes del programa de ingeniería industrial de la Universidad de la Costa que hayan culminado de manera satisfactoria la asignatura de métodos y tiempos. A continuación, se relacionan los resultados de las experiencias de los estudiantes en el uso de la herramienta DiagramaMet en distintos aspectos, calificando de 1 a 5, donde 1 es muy bajo y 5 excelente.

#### Tiempo de construcción del diagrama.

El 50,6% de todos los estudiantes que participaron en la encuesta consideran que el rendimiento del software en cuanto al tiempo de construcción del diagrama fue excelente. Lo que significa una mejora significativa con respecto a los niveles de dificultad en la construcción de los diagramas iniciales. Además, representa una ventaja de DiagramaMet sobre las herramientas disponibles pues permite a sus usuarios de forma más rápida la construcción y desarrollo de los diagramas, como se puede observar en la figura 7.17.

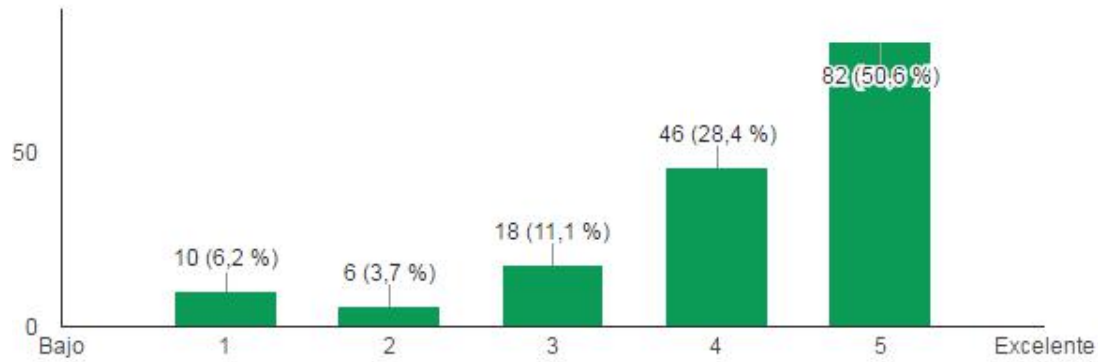


Figura 7.17. Calificación del tiempo de construcción del diagrama.

### **Facilidad de uso de la herramienta.**

El 46,9% de los estudiantes considera que es muy fácil usar DiagraMet y el 32,1% considera que es fácil. Lo que significa que en términos generales cerca 70% de los estudiantes no presenta problemas al usar la herramienta debido a que les permite desarrollar de forma fácil los diagramas, como se puede observar en la figura 7.18.

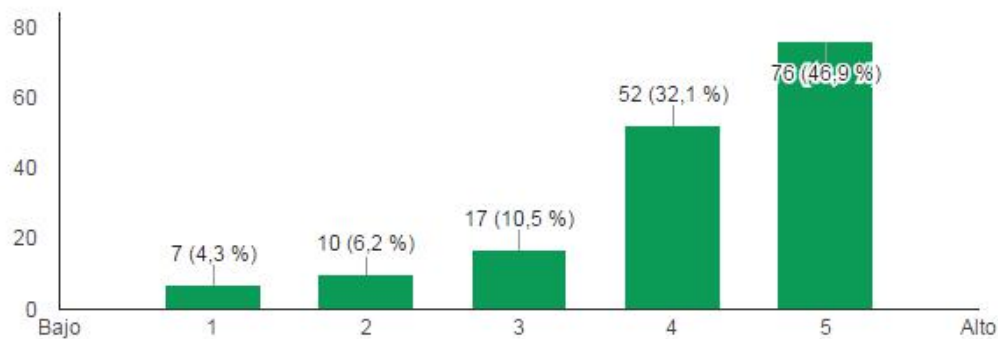


Figura 7.18. Calificación facilidad de uso de la herramienta.

### **Organización de las líneas de flujo.**

Se observa en el la figura 7.19 que el 46,9% de los estudiantes respondieron que la organización de las líneas de flujo fue excelente (5) y el 30,9% contestó 4. Era de esperar se debido a que las líneas no se corren, permanecen alineadas y encajan a la perfección.

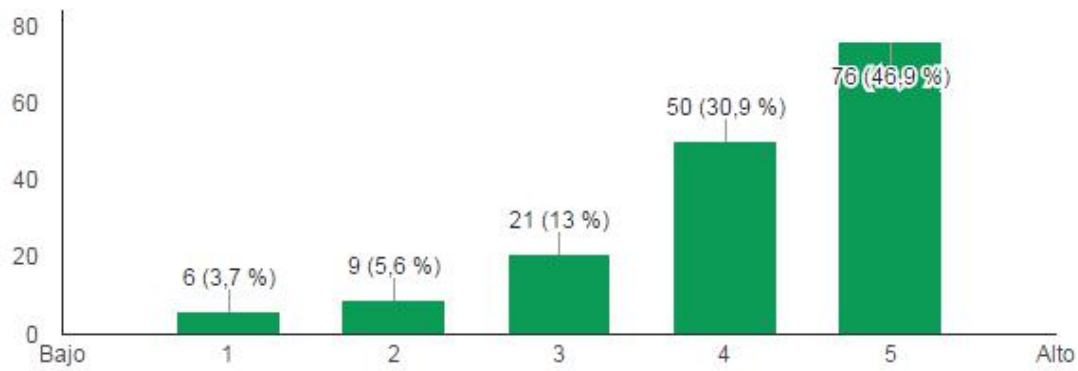


Figura 7.19. Calificación de la organización de las líneas de flujo.

### Presentación de la tarea

En la figura 7.20 muestra que 54.9% de los estudiantes respondieron que la presentación de la tarea en 5 y el 25,3% en 4. Lo que significa, que la herramienta presenta de forma estética, limpia y organizada los diagramas.

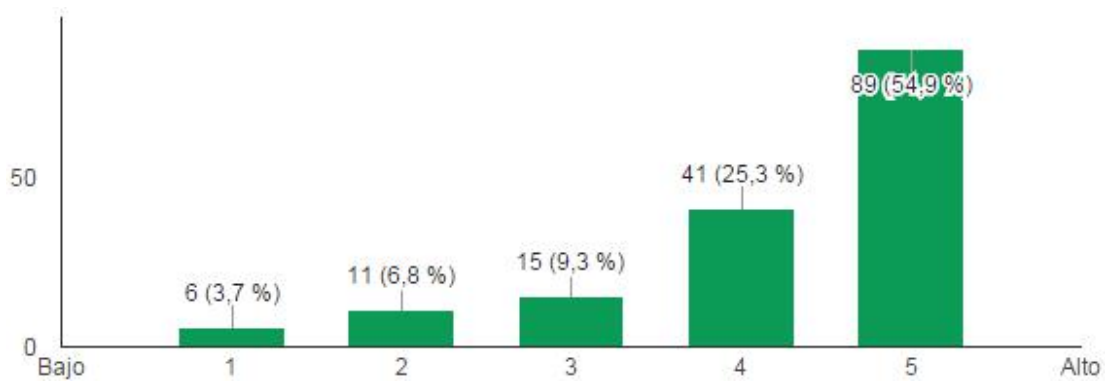


Figura 7.20. Calificación de la presentación de la tarea.

### Entorno amigable

La mayor parte de los estudiantes participantes del estudio (43,8%) consideran que la herramienta les brinda una interface amigable permitiendo la interacción dinámica entre el usuario y el software, como se puede observar en la figura 7.21.

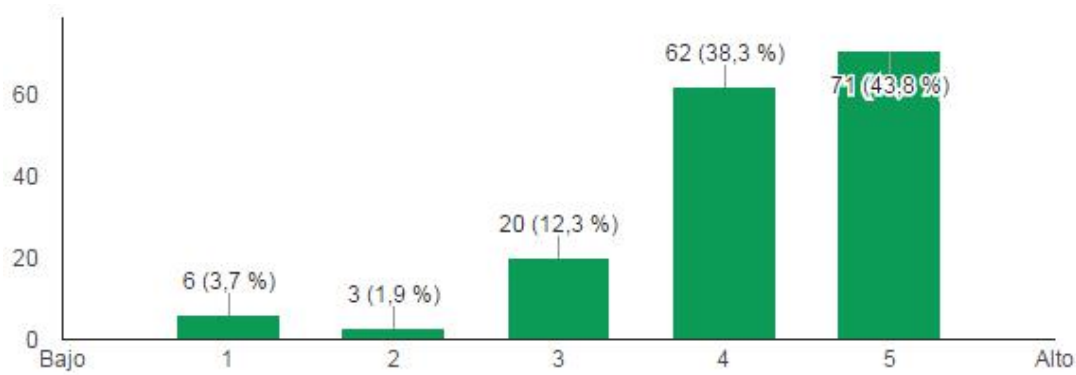


Figura 7.21. Calificación del entorno amigable.

### Numeración de las actividades

Como se observa en el la figura 7.22, más del 70% de los estudiantes encuestados considera que el rendimiento de software se encuentra entre 4 y 5. Lo que significa, que la automatización de la gestión de la numeración representa una mejora importante para los estudiantes al momento de realizar un diagrama.

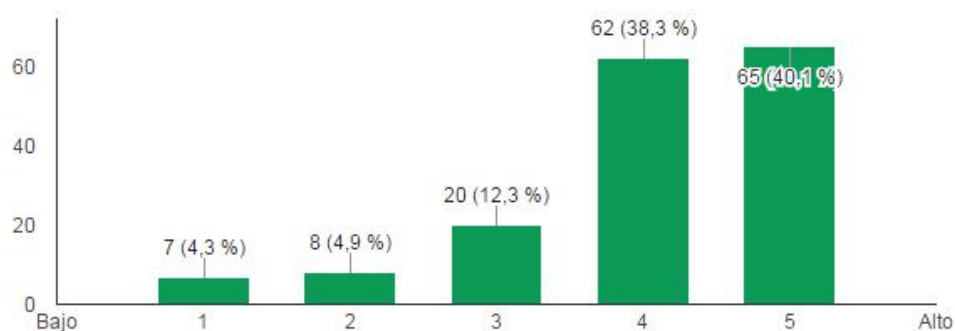


Figura 7.22. Calificación de la numeración de las actividades.

### Diligenciamiento de la tabla de resumen

De mismo modo, más del 70% de los estudiantes considera que el rendimiento del software en cuanto al diligenciamiento de la tabla resumen se encuentra entre 4 y 5. Representando una importante mejora para los estudiantes el diligenciamiento de la tabla resumen, como se puede observar en la figura 7.23.



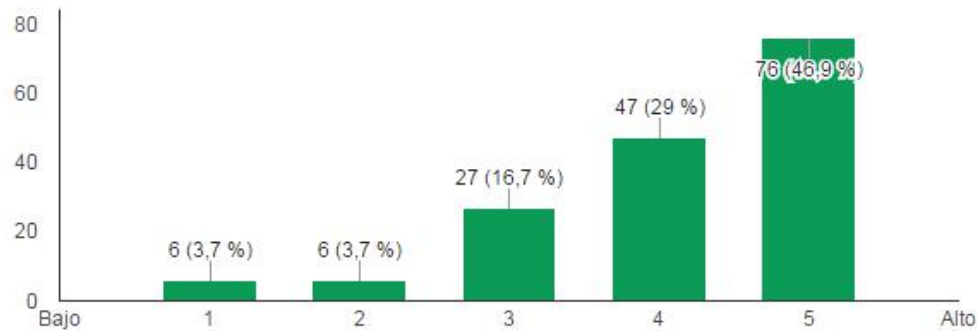


Figura 7.22. Calificación del diligenciamiento de la tabla de resumen.

### Elaboración de los cálculos requeridos.

Más del 70% del total de los estudiantes encuestados considera que el rendimiento de DiagramaMet en la elaboración de los cálculos que requieren cada diagrama se encuentra entre 4 y 5. De modo, que la automatización de los cálculos involucrados en cada diagrama se vuelve una característica importante para los estudiantes, como se puede observar en la figura 7.24.

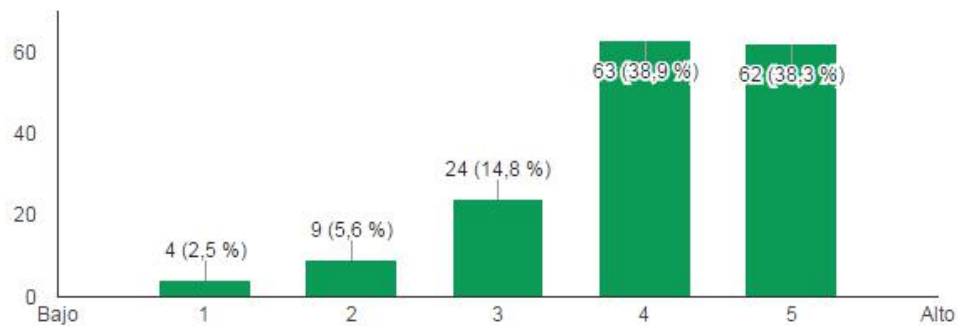


Figura 7.22. Calificación de los cálculos realizados por la herramienta

De modo que de forma general se observa una mejora significativa para los estudiantes en la construcción de los diagramas del estudio del trabajo a través del uso de la herramienta.

## 8. Conclusiones

Conforme al alcance de los objetivos del proyecto se puede concluir que actualmente el mercado no hay una herramienta informática especializada en el estudio de métodos que responda completamente a los requerimientos de los estudiantes del programa de ingeniería industrial en la construcción y desarrollo de los diagramas que hacen parte del estudio del trabajo.

Gracias a la recopilación de la teoría del diseño y construcción de los diagramas del estudio del trabajo, DiagraMet a través de su interface le presenta al usuario la posibilidad de desarrollar cualquiera de los diagramas de la asignatura de métodos de forma estándar y respetando las disposiciones que establece la Organización Internacional del Trabajo para la construcción de diagramas. Adicionalmente, los comandos de la herramienta permiten al usuario adicionar convenciones especiales de forma tal que se pueda diagramar cualquier tipo de proceso de producción. Buscando evitar la necesidad de utilizar otras herramientas para la construcción de diagramas del estudio del trabajo.

Adicionalmente, DiagraMet brinda a sus usuarios la oportunidad de ahorrar tiempo a través de la automatización de la numeración de las actividades, los cálculos respectivos y la tabla resumen; incluyendo el diligenciamiento fácil de los encabezados, permitiendo re direccionar el esfuerzo de los estudiantes en el desarrollo y adquisición de habilidades y competencias como la creatividad, razonamiento crítico, innovación, etc.

Por ello, luego de revisar los resultados de los estudiantes después de haber utilizado la herramienta, se encontró una mejoría de forma significativa en cada uno de los aspectos de la construcción de los diagramas. En este sentido, la herramienta a través de su interface y cada una de sus funciones permite a los estudiantes la construcción de los diagramas del estudio del trabajo en mejor manera que lo hacen las herramientas que utilizan de forma convencional. Es

decir, que esta herramienta representaría una herramienta útil dentro del proceso de aprendizaje de la asignatura de métodos y tiempos.

No obstante, es válido mencionar que se están desarrollando nuevas funcionalidades de DiagraMet debido a que requiere la adición de funciones extras para poder convertirlo en una herramienta integral que sirva como facilitador en la adquisición del conocimiento.

Por último, teniendo en cuenta la gran necesidad por parte de los estudiantes en el desarrollo de esta herramienta se evidencia la importancia de agregar herramientas informáticas que de alguna manera posibiliten la modernización, actualización y mejora de la asignatura de métodos y tiempos. Todo esto, con el propósito de fortalecer el perfil del ingeniero industrial conforme al contexto exigente contemporáneo.

## 9. Trabajos futuros

A futuro se planean establecer las funciones que aún se encuentran incompletas, aunque presentes el sistema Diagramo no están adaptadas a las nuevas funcionalidades.

- Actualizar e implementar el sistema de guardar y abrir.
- Actualizar el sistema de generación de archivo PDF e imprimir.
- Reconstruir el sistema de figuras y conectores basado en un vector, por un sistema de gestión basado en objetos.
- Actualizar la apariencia visual del Editor.
- Actualizar el sistema selección de colores.
- Actualizar el sistema de gestión de usuarios.
- Agregar la funcionalidad de zoom al Lienzo.
- Agregar sistema de seguridad para evitar plagios.

Estas pueden llevar dos o más iteraciones dependiendo con cuánta profundidad se desarrollen o cuántas aparezcan en el transcurso de las mejoras.

Al mismo tiempo, se espera que adicionar a la herramienta funciones que permita desarrollar análisis de tiempos y muestreo estadístico para el estudio de procesos productivos y de servicio. De modo, que la herramienta en el futuro brinde completamente a los usuarios la oportunidad de realizar estudios de métodos y tiempos de forma ágil y práctica. Convirtiendo a DiagraMet en un software integral para la asignatura de Métodos y Tiempos y para el sector productivo.

## 10. Referencias

- Ciscal Ferry, W., Labrada Sosa, A., Jáuregui Ricardo, D., Muñoz Miranda, M., Hidalgo de los Reyes, Y., & Alonso Becerra, A. (2003). *Organización de Procesos y puestos de trabajo*. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Facultad de Ingeniería Industrial, Ciudad de la Habana.
- ¿Qué es PHP? (s.f.). Recuperado el 4 de Junio de 2016, de php.net: <http://php.net/manual/es/intro-whatis.php>
- ¿Qué puede hacer PHP? (s.f.). Recuperado el 17 de Junio de 2016, de php.net: <http://php.net/manual/es/intro-whatcando.php>
- Area Moreira, M. (Mayo-Agosto de 2010). El proceso de integración y uso pedagógico de las TIC en los centros educativos. *Revista de Educación*(352), 77-97.
- Bain, D. (1993). *Productividad: La solución a los problemas de la empresa*. México: McGraw-Hill.
- Barnes, R. (1979). *Estudio de Movimientos y Tiempos* (Vol. I). Madrid: Aguilar.
- Cardiel M, L. (1982). *Cronometraje en talleres y oficinas*. Zaragoza (España): Editorial Distresa S.A.
- E-ducative Catedu. (s.f). Recuperado el 10 de Octubre de 2016, de [http://e-ducative.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1248/html/41\\_el\\_mtodo\\_inductivo\\_y\\_el\\_mtodo\\_deductivo.html](http://e-ducative.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1248/html/41_el_mtodo_inductivo_y_el_mtodo_deductivo.html)
- Fábregas Ariza, A., Wadnipar Rojas, R., Paternina, A. C., & Mancilla, H. A. (2003). *Simulación de sistemas productivos con ARENA*. Barranquilla: Ediciones Uninorte.
- Franco, F. (11 de Diciembre de 2012). *Metodología IWeb*. Recuperado el 4 de Noviembre de 2016, de <http://metodologiaiweb.blogspot.com.co/>
- Freivalds, A., & Niebel, B. (2001). *Ingeniería Industrial, Métodos Estándares y Diseño del Trabajo*. México: Alfa Omega.
- García G., R. (2005). *Estudio del trabajo. Ingeniería de Métodos*. En I. Editores (Ed.). México: McGraw-Hill.
- García, M. N. (s.f.). *Modelos de proceso del software*. Obtenido de <http://avellano.usal.es/~mmoreno/ASTema2.pdf>
- Gauchat, J. D. (2012). *El Gran Libro De HTML5, CSS3 Y Javascript* (Primera ed.). Barcelona, España: Marcombo.
- Hinostroza, E., Heep, P., Mellar, H., Preston, C., & Rehbein, L. (1997). Diseño de Software educativo o de software escolar? (U. d. Andes, Ed.) *Informatica Educativa*, 10(1), 57-73.
- HTML 5.2. (6 de abril de 2017). Recuperado el 2 de mayo de 2017, de w3c: <https://w3c.github.io/html/semantics-scripting.html#the-canvas-element>
- Ibañez Martin, J. A. (1 de Enero de 1969). El sentido crítico objetivo de la educación contemporánea. *Revista de filosofía*, 28.108.

- Jimenez-Barros, M. A., De la Hoz Escordia, S., Huyke Taboada, A., Mendoza Barraza, M., Rangel Barrios, E., Pastrana Padilla, J., . . . Ospino- Valdiris, F. V. (2017). Software para la elaboración de diagramas de estudio del trabajo como herramienta facilitadora en el proceso de enseñanza - Aprendizaje de métodos y tiempos en las actividades productivas: Diagramet. *Revista Espacios*, 38(20), 3-3.
- Kanawaty, G. (1996). Introducción al estudio del trabajo. En G. Kanawaty. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo.
- Labrador, R. M. (Septiembre de 2005). *Tipos de licencias de software*. Recuperado el 14 de Agosto de 2016, de <http://www.informatica.us.es/~ramon/articulos/LicenciasSoftware.pdf>
- Lucinda, G. (2 de Marzo de 2010). *Análisis sistemático de la producción 1: Diagrama sinóptico*. Recuperado el 6 de febrero de 2016, de Unidad Profesional Interdisciplinaria De Ingeniería Y Ciencias Sociales Y Administrativas: <http://www.sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros/ingMet1/POLILIBRO/1%20DOCUMENTOS/EJEMPLOS%20PRACTICAS/p3.pdf>.
- Luján Mora, S. (2001). *Programacion en Internet Clientes Web*. San Vicente, España: Editorial Club Universitario.
- Mateu, C. (2004). *Desarrollo de aplicaciones web* (Primera ed.). Barcelona: Fundación para la Universitar Oberta de Catalunya.
- Meredith, J. (2002). *Administración de operaciones, un énfasis conceptual*. México: Limusa Wiley.
- Meyers, F. E. (2000). Estudio de tiempos y movimientos. México: Price-Hall.
- Microsoft. (Febrero de 2006). *microsoft.com*. Recuperado el 8 de junio de 2016, de [microsoft.com: download.microsoft.com/download/2/9/e/29e7f3c3.../Visio2007ProductGuide.pdf](http://microsoft.com/download/microsoft.com/download/2/9/e/29e7f3c3.../Visio2007ProductGuide.pdf)
- Palacios Acero, L. C. (2016). *Ingeniería de Métodos. Métodos y Movimientos* (Segunda ed.). Bogotá, Colombia: ECOE.
- Peréz G., M. (1989). *Cómo mejorar los métodos de trabajo*. Bilbao, España: Ediciones Deusto S.A.
- Pérez Olivera, H., & Bocanegra Bustamante, C. A. (2009). Tiempos y Movimientos. Optimización de Operaciones. Barranquilla, Colombia: Educosta. Universidad de la Costa.
- Pressman, R. S. (2002). *Ingeniería del software un enfoque practico*. (5th ed.). Mexico: McGraw-Hill.
- Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del software un enfoque practico*. (7, Ed.) México, D. F.: McGraw-Hill.
- Salinas, J. (Noviembre de 2004). Innovación docente e incorporación de las TIC en la enseñanza universitaria. *Revista Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 1(1).
- Spiegel, M., & Stephens, L. (2009). *Estadística* (Cuarta ed.). México: Mc Graw-Hill.
- Susana Abrate, R., & Pochulu, M. D. (2005). El software educativo en la enseñanza y aprendizaje de la matematica: fortaleza, oportunidades, debilidades y amenazas. *V Congreso Internacional Virtual de Educación* . Villa María, provicincia de Córdoba, Argentina: CiberEduca.com.



## 11. Anexos

### 11.1 Anexo 1: diagnóstico a estudiantes.

La distribución de los estudiantes en este diagnóstico se encuentra ilustrada en la figura 11.1, el cual muestra que se observa que la mayor proporción de estudiantes se encuentran en séptimo semestre con un 50%, seguido por estudiantes de sexto semestre. Al mismo tiempo se observa que cerca del 90% de los estudiantes se encuentran en semestres iguales y/o superiores al sexto.

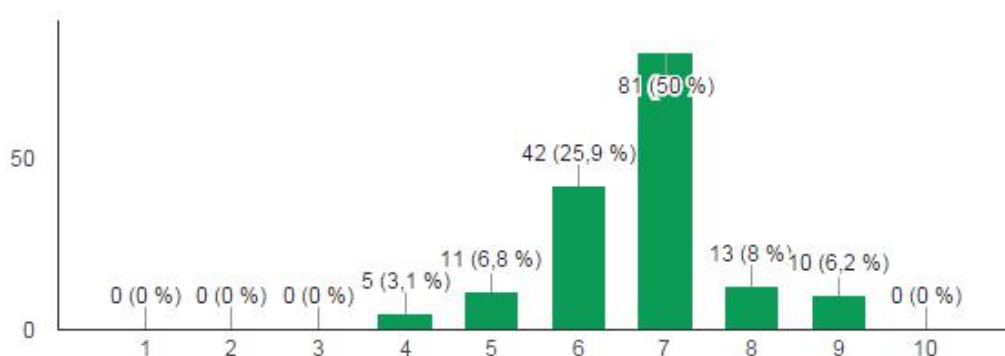


Figura 11.1. Distribución de estudiantes participantes en el estudio

Seguidamente, los estudiantes responden que la herramienta que con mayor frecuencia utilizan cuando realizan un diagrama del estudio del Trabajo (Sinóptico, Analítico, Recorrido, Hombre-Máquina y Bimanual) es Excel (42%), seguida por Otro con 23.5% y Word con 21.6%. Mostrando que los estudiantes utilizan variadas herramientas no especializadas, como se puede observar en la figura 11.2.

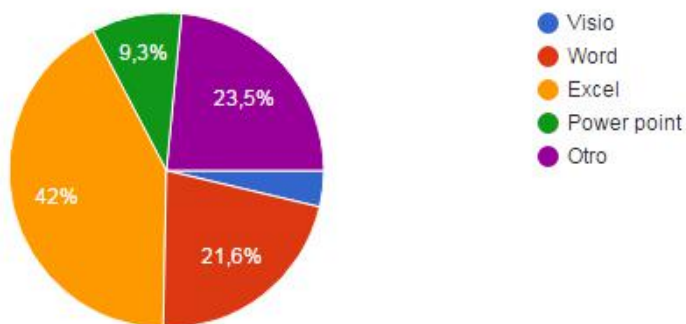


Figura 11.2. Distribución del uso de herramientas para la realización de diagramas.



Dentro del instrumento los estudiantes calificaban en una escala de 1 a 5 el nivel de dificultad que han presentado en diferentes aspectos en el momento construyen un diagramas del estudio de métodos. Siendo 1 la dificultad más baja y 5 la más alta.

#### **Tiempo de realización digital de los diagramas.**

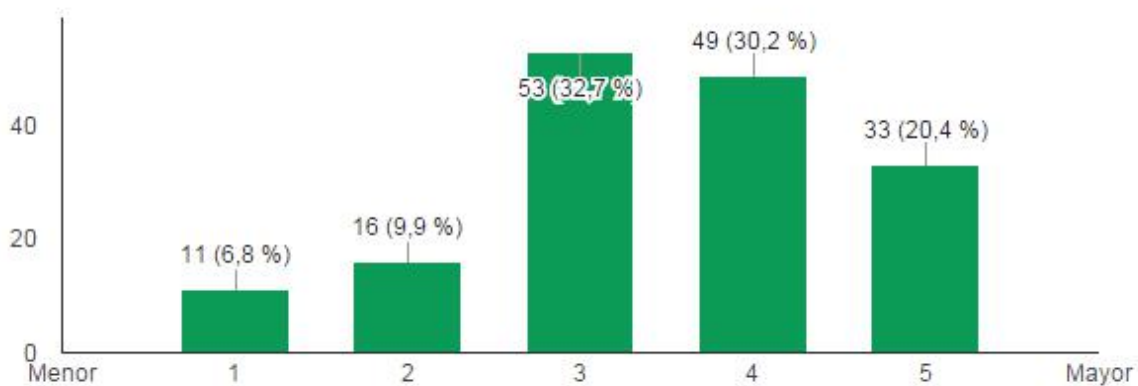


Figura 11.3. Distribución del grado de dificultad en el tiempo de realización de los diagramas.

Como se observa en la figura 11.3, la mayor proporción de los estudiantes (32,7%) califican en este aspecto con una dificultad de nivel 3, seguida por la dificultad de nivel 4 (30,2%) y de nivel 5 (20,4%). Mostrando que la mayoría de los estudiantes considera el tiempo de realización del diagrama un problema significativo.

#### **Colocación de las actividades dentro de los diagrama.**

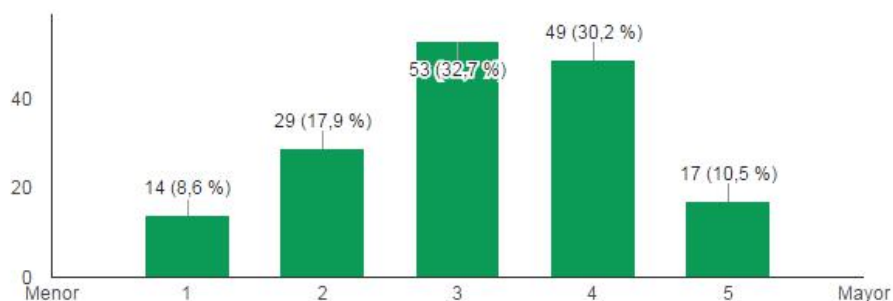


Figura 11.4. Distribución del grado de dificultad en la colocación de actividades.

En este aspecto cerca del 70% los estudiantes mostraron niveles de dificultad iguales y/o superiores a 3. Siendo el nivel 3 el mayor con un 32,7%, seguida del nivel 4 con 30,2%.

Sugiriendo que para la gran mayoría de los estudiantes presentan dificultades significativa para la colocación de y/o ingreso de actividades dentro del diagrama, como se puede observar en la figura 11.4.

### Organización de las líneas de flujo, entradas y salidas.

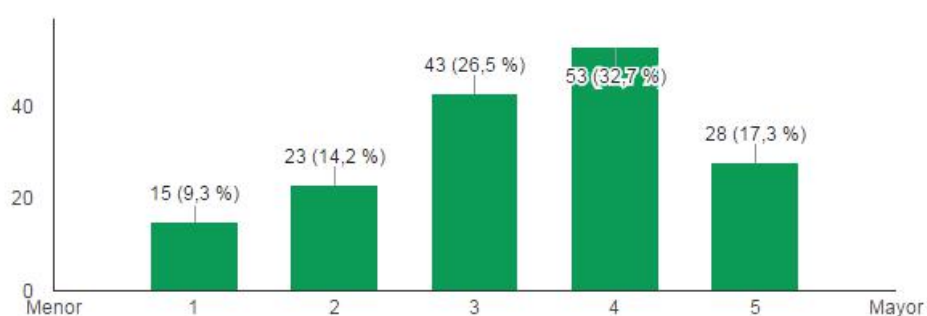


Figura 11.5. Distribución de la dificultad en la organización de las líneas de flujo, entradas y salidas.

La encuesta muestra que la mayoría de estudiantes presentan problemas para organizar de correcta de las líneas de flujo, entradas y salidas en un diagrama. Al observar el grafico 13 se encuentra que el 32.7% de los estudiantes respondió que su nivel de dificultad es 4 y 5 el 17.3%, como se puede observar en la figura 11.5.

### Presentación en las tareas.

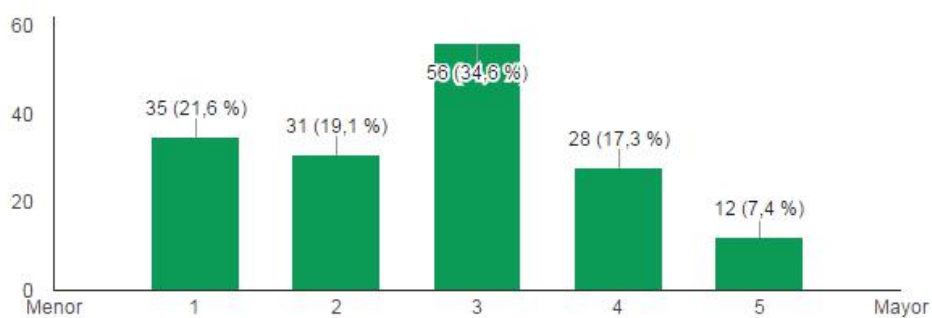


Figura 11.6. Distribución de la dificultad en la presentación en las tareas.

En cuanto a este aspecto en particular, el 34,6% de todos los estudiantes encuestados respondió que tiene un nivel de dificultad 3 en la presentación en las tareas; Adicionalmente, cerca del 50% de los estudiantes presenta niveles de dificultad en este aspecto inferiores e iguales a 3, como se puede observar en la figura 11.6.

### **Claridad a la hora de realizar el diagrama.**

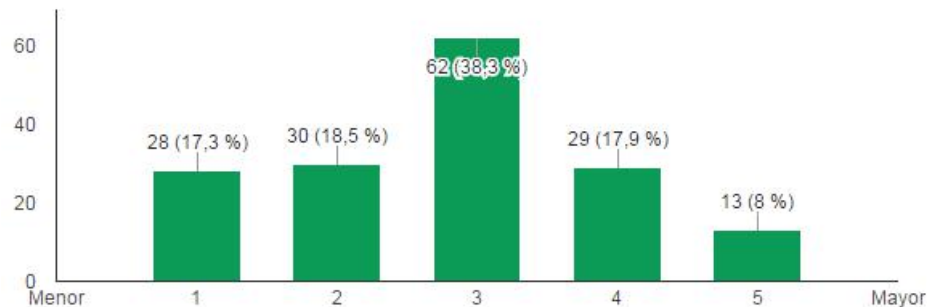


Figura 11.7. Distribución de la dificultad en la claridad a la hora de realizar el diagrama.

En este aspecto la mayoría de los estudiantes encuestados (38,3%) consideran que poseen un nivel de dificultad 3. Lo que significa que este aspecto no corresponde a un problema crítico para los estudiantes en la actualidad, como se puede observar en el la figura 11.7.

### **Posibilidad de editar lo elaborado.**

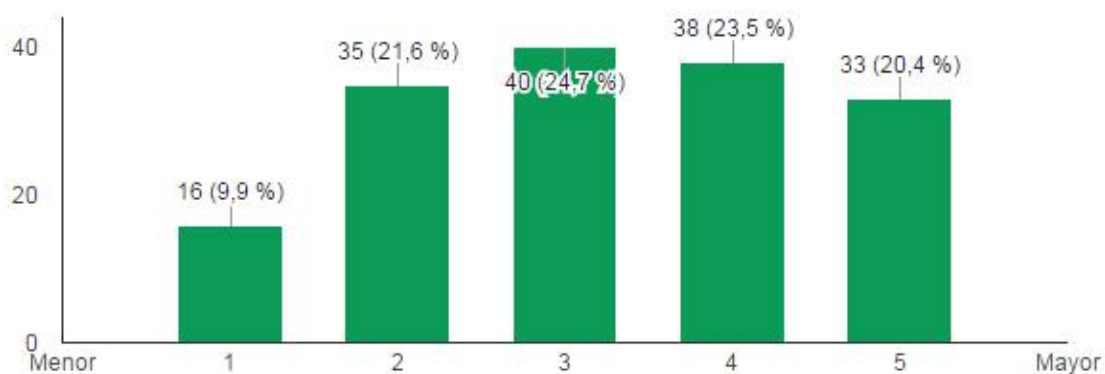


Figura 11.8. Distribución de la dificultad a la hora de editar lo elaborado.

En la figura 11.8 se observa que para los estudiantes la posibilidad de editar el diagrama es muy importante debido a que cerca del 60% del total de estudiantes que participaron en la

encuesta presenta niveles de dificultad entre 3 y 5. Donde el nivel 3 es tiene una participación superior con un 24,7% y el 4 con 23,5%.

### Numeración de las actividades

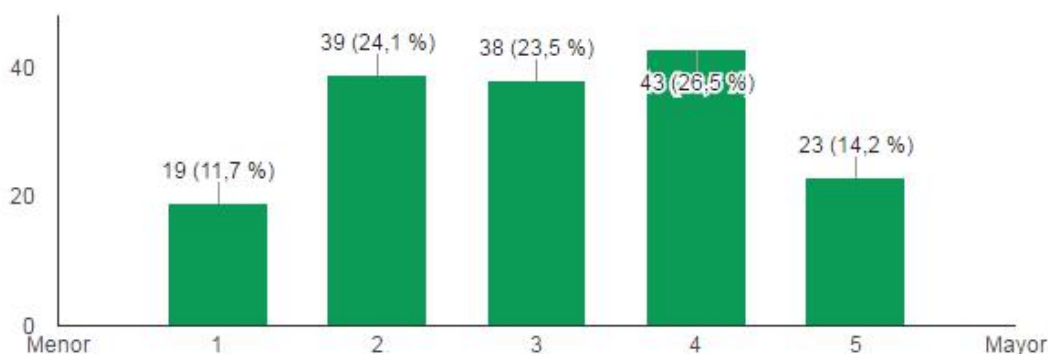


Figura 11.9. Distribución de la dificultad en la numeración de las actividades.

Para este aspecto la figura 11.9 muestra que el nivel de dificultad con mayor número de estudiantes es el 4 con 26,5%. Al mismo tiempo, es observable que más del 60% de todos los encuestados tienen niveles de dificultad iguales y/o superiores a 3. Convirtiendo la numeración de las actividades en un aspecto importante para los estudiantes.

### Diligenciamiento adecuado de la tabla resumen.

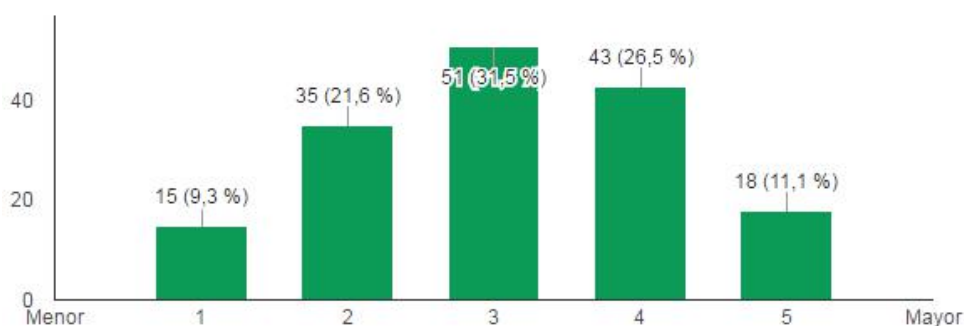


Figura 11.10. Distribución de la dificultad en el diligenciamiento adecuado de la tabla resumen.

En la figura 11.10 muestra que los estudiantes consideran el diligenciamiento de la tabla resumen de los diagramas un aspecto muy relevante debido a que más del 60% de los estudiantes tiene niveles de dificultad entre 3 y 4. Siendo el 3 el nivel con mayor participación de estudiantes con un 31,5%, seguido del 4 con un 26,5%.

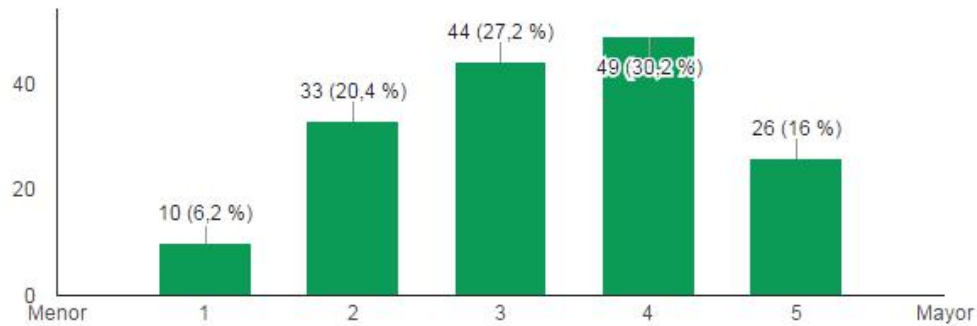
**Elaboración de los diferentes cálculos que requieren los diagramas.**

Figura 11.11. Distribución de la dificultad en la elaboración de los cálculos.

En la figura 11.11 se observa que el nivel dificultad con mayor frecuencia es el nivel 4 con un 30,2% seguido del nivel 3 con un 27,2%. Reflejando que para los estudiantes la realización de los cálculos corresponde a un aspecto muy significativo.

## **11.2 Anexo 2: plan de muestreo**

### **11.2.1 Población y muestra**

#### ***11.2.1.1 Población***

Según los registros de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Costa, CUC, y conforme a los objetivos de la investigación la población de estudio está constituida por estudiantes de ingeniería industrial que hayan cursado y aprobado la asignatura de Métodos y Tiempos debido a que ellos representan a los usuarios finales capacitados para usar la herramienta. No obstante, se desconoce el tamaño el tamaño real de la población.

#### ***11.2.1.2 Muestra***

El tamaño de la muestra está conformado por 81 estudiantes y es determinada a través de un muestreo aleatorio simple de la siguiente forma, tal como lo expresa Spiegel & Stephens (2009):

Ecuación 3. Formula de obtención de la muestra.

Dónde:

### **11.2.2 Método de investigación**

El método empleado en nuestro estudio fue inductivo, con un tratamiento de los datos y un enfoque cualitativo.

El método Inductivo, “intenta ordenar la observación tratando de extraer conclusiones de carácter universal desde la acumulación de datos particulares. Proponía un camino que condujera desde cientos y miles de casos individuales observados hasta el enunciado de grandes leyes y teorías de carácter general, por lo que el conocimiento tendría una estructura de pirámide: una amplia base cimentada en la observación pura hasta la cúspide, en donde colocaríamos las conclusiones de carácter general y teórico” (E-ducativa Catedu, s.f, párr. 2)

Enfoque cualitativo, porque el estudio estará basado en los siguientes aspectos investigativos:

- Recolección de datos medición numérica.
- Busca descubrir o afinar preguntas de investigación.
- Reporte Análisis de datos Problema.
- Revisión del marco conceptual.

Nuestro estudio se basa en un proceso flexible, basado en la lógica y el proceso inductivo. Estará basado en observaciones detalladas de expresiones verbales y no verbales; así como de conductas y/o manifestaciones.

### **11.2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### ***11.2.3.1 Técnica de recolección de datos***

La técnica utilizada será la encuesta, la cual permitirá recopilar la información en la muestra de estudio. El instrumento tiene como intención determinar la naturaleza de las dificultades que tienen los estudiantes al momento de realizar un diagrama del estudio del trabajo y medir en nivel en que la herramienta responde a esas necesidades. Además de la recolección de requerimientos para la realización de correcciones y ajustes a la herramienta informática con el objetivo de que esta brinde una experiencia didáctica, practica y ágil a sus usuarios finales.

#### ***11.2.3.2 Instrumentos de recolección de datos***

Se construyó un cuestionario, para cuantificar las variables de estudio, utilizando un conjunto sistematizado de preguntas que se dirigen a una muestra de más de 81 estudiantes. El instrumento fue aplicado de forma presencial y registrando sus respuestas a través de una herramienta de Google (encuesta google) para facilitar la consolidación de la información. Ver encuesta en el siguiente enlace:

[https://docs.google.com/forms/d/1bphsXSXc5kGGtiw2lFYmPA2JCHkPAu8PN9pBXvej8i0/viewform?edit\\_requested=true](https://docs.google.com/forms/d/1bphsXSXc5kGGtiw2lFYmPA2JCHkPAu8PN9pBXvej8i0/viewform?edit_requested=true)

#### ***11.2.3.3 Técnicas para el procesamiento de la información***

Una vez recolectados los datos proporcionados por los instrumentos, se procederá al realizar un análisis descriptivo a través de la tabulación y presentación en tablas y gráficos de distribución de frecuencias, con el propósito de determinar cuáles son las dificultades que los estudiantes de ingeniería industrial de la universidad de la costa presentan al momento de realizar un diagrama del estudio del trabajo, y la forma en como la herramienta informática los ayuda a superar esas dificultades.